This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**Acerca de este libro**

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

**Normas de uso**

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

**Acerca de la Búsqueda de libros de Google**

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

A 407159

PROPERTY OF
The University of Michigan Libraries
1817
ARTES SCIENTIA VERITAS

G
125
.A63
v.1

# LECCIONES

# DE GEOGRAFÍA.

# LECCIONES

## DE GEOGRAFÍA ASTRONÓMICA NATURAL Y POLÍTICA,

ESCRITAS DE ORDEN DE S. M.

PARA USO PRINCIPALMENTE DEL REAL SEMINARIO DE NOBLES DE MADRID

*POR EL Dr. D. ISIDORO DE ANTILLON, del Gremio y Claustro de la Universidad de Valencia, Abogado de los Reales Consejos, Catedrático de astronomía, geografía, cronología é historia del mismo Seminario, Académico supernumerario de la Real Academia de la Historia, Individuo de mérito literario de las Reales Sociedades Matritense y Aragonesa.*

TOMO I.

MADRID EN LA IMPRENTA REAL

AÑO DE 1804.

*Orbis situm dicere.... impeditum opus et facundiæ minime capax.... Verum aspici tamen cognoscique dignissimum.*

Pomponius Mela in *proœmio*.

G
125
.A63

Reg. L.C. Kirpinski
6-7-1926

# AL REY

## NUESTRO SEÑOR

*Isidoro de Antillon.*

# INDICE DE LAS LECCIONES DEL TOMO PRIMERO.

LECCION PRIMERA.

*Primeros viages de los hombres. Observacion de las estrellas circumpolares y del polo ártico. Descubrimiento y descripcion de la brúxula. Irregularidad de sus variaciones*..... Pag. 41

LECCION II.

*Horizonte. Zenit y nadir. Rosa de los 32 vientos con su aplicacion á la brúxula. Verticales. Círculos de almicantarat. Equador. Meridiano. Amplitud, Azimut, y declinacion de los astros*..... 54

LECCION III.

*Medicion de la altura de los astros con el quarto de círculo. Paralelos. Relacion que hay entre la altura de polo, la distancia del polo al zenit, y la altura del equador. Método de observar la altura de polo por medio de las estrellas circumpolares. Descripcion y usos del sextante de reflexion*..... 73

LECCION IV.

*Figura y magnitud de la tierra. Diferencia del nivel aparente al verdadero. Depresion del horizonte*..... 102

LECCION V.

*Experiencias del péndulo. Teorías de Huyghens, Newton y otros matemáticos, y nuevas medidas para determinar la figura de la tierra. Movimiento de esta sobre su exe, que explica perfectamente las apariencias de la revolucion diurna de todos los astros. Magnitud y volúmen del globo terrestre..... 119*

LECCION VI.

*Medidas itinerarias de distintas naciones. Legua española. Reduccion de unas medidas á otras. Nuevo sistema métrico decimal debido al Instituto nacional de Francia..... 143*

LECCION VII.

*Latitudes y longitudes geográficas. Valor de sus grados. Primer meridiano. Reduccion del tiempo á partes del equador, y recíprocamente. Diferentes problemas sobre la longitud y latitud..... 172*

LECCION VIII.

*Movimiento anual de la tierra, causa de las estaciones. El sistema copernicano no se opone á la Escritura. Trópicos. Círculos polares. Zonas. Temperatura de las diferentes regiones del globo. Division de los habitantes de la tierra en varias clases por razon de sus sombras, y de su situacion en longitud y latitud. Antípodas. Obliqüidad de la eclíptica.*

*Medida del tiempo verdadero y del medio..... 197*

LECCION IX.

*Diversas posiciones de la esfera, y fenómenos que resultan. Crepúsculos. Refraccion. Paralaxe. Reduccion de la altura aparente de los astros á altura verdadera. Establecer la latitud geográfica de un pueblo por alturas meridianas del sol y de las estrellas fixas. Trazar una línea meridiana. Arreglo del relox por alturas correspondientes. Determinar la hora, el azimut y amplitud de los astros por su altura. Aplicacion de las observaciones astronómicas á algunas prácticas geográficas, y á la correccion de la declinacion de la aguja. Climas..... 229*

LECCION X.

*Idea general del verdadero sistema del mundo y de nuestro sistema planetario. Fases y revolucion de la luna. Eclipses de luna y sol. Causa del movimiento de los planetas y del reposo de los astros. Método práctico de conocer las estrellas, para hacer de su observacion aplicaciones útiles á la geografía..... 271*

LECCION XI

*Determinacion de las longitudes geográficas por los eclipses de sol, de luna y de los satélites de Júpiter, por la ocultacion de estrellas baxo el disco de la luna, por reloxes de movimiento unifor-*

*me, y por las distancias lunares..... 303*

LECCION XII.

*Correccion de los rumbos aparentes en la brúxula, y uso de este instrumento para las marcaciones geográficas y levantamiento de planos topográficos. Utilidad del sextante para iguales operaciones. Construccion, usos y manejo del globo terrestre artificial..... 339*

LECCION XIII.

*Ideas generales de la descripcion de los mares ó de la hidrografía. Mareas. Corrientes. Vientos..... 363*

## ADVERTENCIA.

Mi intencion al publicar estas Lecciones ha sido facilitar la enseñanza de la Geografía y la propagacion de su estudio; pero principalmente se han arreglado á la constitucion y progresos del Real Seminario de Nobles de Madrid, para cuya casa me mandó S. M. las dispusiese. En ella la cátedra de Geografía disfruta ya de todos los instrumentos que se necesitan, si se ha de desempeñar completamente; no habiéndose omitido gastos ni diligencias para enriquecerla de auxîlios, y sacarla del estado absoluto de desnudez y de abandono en que se hallaba quando el Rey la puso á mi cargo. Débese todo á la generosa proteccion del Excelentísimo Señor Don Josef Antonio Caballero, Ministro de Gracia y Justicia, y á las eficaces instancias y zelo por las ciencias del Director general del Seminario el Señor Don Andres Lopez y Sagastizabal, Brigadier de los Reales Exércitos. A la dis-

tinguida predileccion con que se ha mirado este principal ramo de los estudios del Seminario, se deberá tambien la fundacion de un observatorio astronómico, dotado de excelentes instrumentos, cuya fábrica, ideada por los mejores modelos, y de acuerdo con los hombres mas inteligentes, está ya próxima á concluirse, y en ella los discípulos practicarán las observaciones que mas directamente influyen en el adelantamiento de la Geografía, y el profesor que le dirija contribuirá con sus trabajos á la perfeccion de esta ciencia.

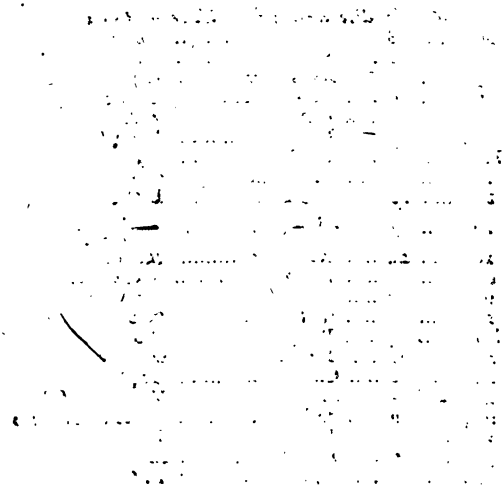
En el arreglo de este primer tomo me he valido principalmente de la *Geografía matemática y crítica de Lacroix*, de la *Astronomía de Lalande*, de los *tratados de navegacion de Bezout* y de *Mendoza*, y de algunas obras de *Mentelle*; y he procurado escoger lo que en cada uno de estos escritos me ha parecido mas análogo al plan que determiné seguir en la parte astronómica de la Geografía.

Doy por supuesto que los que hayan de leerle saben perfectamente los elementos de Aritmética, y no son del todo foras-

teros en la Geometría y Trigonometría. Sin estos principios inútilmente se emprenderá el estudio de la parte sublime de la Geografía, que es un ramo de las ciencias físico-matemáticas.

## *ERRATAS.*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Pag.* 1 | *lín.* 27 | *dice antigua* | ..... | *léase moderna* |
| Ibid. | ..... 28 | ..... *moderna* | ..... | *antigua* |
| 14 | ..... 8 | ..... *Schetlard* | ..... | *Schetland* |
| 38 | ..... 4 | ..... Krusenterre | ..... | Kruzenstern |
| 61 | ..... 19 | ..... Siete | ..... | Catorce |
| 75 | ..... 34 | ..... C A | ..... | Z A |
| 77 | ..... 18 | ..... B G H | ..... | B g H′ |
| Ibid. | ..... 21 | ..... I G H | ..... | I g H′ |
| 101 | ..... 10 | ..... á las 10 | ..... | á las 9 |
| 113 | ..... 10 | ..... A C E | ..... | B C E |
| 141 | ..... 3 | ..... $\frac{1}{1400}$ | ..... | $\frac{1}{1.400.000}$ |
| 196 | ..... 24 | ..... Roberton | ..... | Robertson |
| 218 | ..... 26 | ..... 1.522,524 | ..... | 1.522524. |
| 219 | ..... 14 | ..... conste | ..... | constante |
| 240 | ..... 20 | ..... ♈ J | ..... | ♈ S |
| Ibid. | ..... 23 | ..... P S J | ..... | P S |
| 279 | ..... 12 | ..... L″ | ..... | L′ |
| 280 | ..... 6 | ..... Cl | ..... | (203) |
| 281 | última | ..... | ..... | V. la lam. 6.ª |
| 287 | ..... 2 | ..... de los astros. | ..... | de los otros astros |
| 317 | ..... 21 | ..... los | ..... | las |
| 327 | ..... 6 | ..... Le | ..... | LE |
| 328 | ..... 8 | ..... 19′ | ..... | 19″ |



# DISCURSO PRELIMINAR.

## *Objeto, utilidad, historia y estado actual de la geografía*

1 *Geografía* es una palabra griega que significa *descripcion de la tierra*; pero la tierra puede considerarse y estudiarse de muchas maneras y con varios respectos quando se trata de describirla. Se la puede mirar como globo celeste, y exâminar su lugar en el cielo, la rotacion sobre su exe, su revolucion en rededor del sol, y sus relaciones con los otros globos luminosos ú obscuros, fixos ó errantes, situados como ella en la inmensidad del espacio; ó como cuerpo de cierta configuracion, dividido en continentes, mares, islas, promontorios &c., con suelo y clima variados, y con diferentes producciones de la naturaleza y de la agricultura; ó, finalmente, como una reunion de sociedades políticas, en que se exâminen el gobierno, la civilizacion, la industria, el comercio, las costumbres y la religion. Quando la geografía trata del primero de estos objetos se llama *astronómica*; quando del segundo *física*; y *política* quando se ocupa en el tercero. Todavía admiten nueva division la *física* y la *política* segun que, ó consideran su objeto como hoy exîste ó como exîstió antiguamente: en el primer caso la geografía se llama *antigua*, y en el segundo *moderna*. En mis lecciones se exâminará la tierra baxo estos diversos aspectos, con prevencion de que las discusiones profundas astronómicas que en ellas se echen de ménos, se reservan para los *elementos de astronomía* que pienso publicar, y que de las vicisitudes y revoluciones políticas de los pueblos se tratará como en

su lugar propio, muy de propósito, en los de *historia.*

2 Si el objeto principal de una descripcion no es la tierra, sino las aguas, se llama con nombre especial *hidrográfica*; si no todo el globo, mas solo una provincia ó distrito, *corográfica*; si un pueblo particular, un sitio, una montaña, *topográfica*; y si las ruinas ó vestigios de alguna ciudad antigua, *icnográfica.* En unos elementos donde las ideas son generales y los objetos vastísimos, no mas de paso se tocan la topografía é icnografía, debiéndose consultar para ellas tratados especiales escritos de intento.

3 No hay clase alguna de la sociedad que pueda dispensarse del estudio de la geografía, si quiere desempeñar sus funciones ó cumplir sus deberes con inteligencia. Los militares no podrán executar una marcha ó retirada, seguir al enemimigo, proporcionar lugares propios de defensa, atacar en tiempo oportuno, ó efectuar ni la mas sencilla evolucion, si despues de conocer la geografía en general no se han dedicado á los detalles y menudo exámen de la topografía del terreno. Lo mas sublime de la ciencia militar, como observa un General sabio de nuestros dias, consiste en los conocimientos topográficos; y las naciones que no han cultivado esta parte delicada del arte de la guerra, jamas han hecho una campaña sabia. Efectivamente un rio, un arroyo, una montaña, una llanura no son circunstancias indiferentes en el arte de los combates. El General instruido conoce de antemano los lugares estrechos, ó las gargantas donde un puñado de hombres detendria al exército mas poderoso, y sabe donde está la llanura en que, desplegando sus fuer-

zas, arrollará infaliblemente al débil enemigo, inferior en número. Su conocimiento del terreno le proporcionará ó la victoria ó una ventajosa retirada, á veces mas sabia y tan preciosa como la victoria misma. Turena y el gran Condé hiciéron grandes cosas sin prodígar la sangre francesa, porque tan sabios como valientes, unian las ventajas de la naturaleza, que conocian, con los recursos del arte; y aquellas memorables retiradas en que los tercios españoles espantáron la Francia, y burláron toda la prudencia, todo el grande genio de Henrique IV, se debiéron principalmente á los conocimientos topográficos, con los quales dominaba al terreno, y le hacia servir á sus prodigiosas evoluciones el inmortal Alexandro Farnesio, Duque de Parma. Bonaparte en todas; pero principalmente en la última campaña de Italia, prepara desde el gabinete en el mapa su triunfo sobre los enemigos, y les vence ántes de verles. Su admirable paso por los Alpes, la decisiva batalla de Marengo, y la rápida conquista de Italia, no fuéron mas que la execucion progresiva de los proyectos á que conduxo á este grande hombre el estudio profundo del terreno que iba á conquistar. Un General poco instruido en la geografía es tímido, va á tientas en sus operaciones, consulta, y duda sin necesidad; en vano se presenta la ocasion de batir al enemigo, él no sabe aprovecharla, y despues de haber dado á la inaccion el tiempo que debiera gastar en las operaciones, acaso viene á ser otro Darío, que con innumerable exército se empeña en las estrechas gargantas de *Isus*, desconociendo las ventajas que le ofrecen para arrollar al Marte Macedonio las anchurosas llanuras de la Mesopotamia.

4 Pero no solo el arte feroz de combatir saca ventajas incalculables de la geografía. El arte dulce y consolador que por recíprocos cambios enriquece á unas naciones con el superfluo de las otras, que hermana al universo, que establece entre los climas mas opuestos relaciones seguidas y precisas: el comercio ¿ á quién sino á la geografía debe toda su prodigiosa extension, sus vastas miras y combinaciones complicadas? Los descubrimientos geográficos han acercado entre sí á los hombres, han establecido comunicaciones fáciles del uno al otro polo, han dado á conocer la mitad del género humano á la otra mitad que ignoraba su exîstencia, han excitado en todos los climas el deseo de adquirir las producciones de que carecen y que abundan en otros; dando con esto prodigioso vuelo á la industria humana, pábulo del arte feliz de las permutas, arte grato á la humanidad, pues ha convertido la rivalidad y zelos de las naciones, orígen ántes perenne de guerras horrorosas, en esfuerzos activos, pero pacíficos, para enriquecerse y prosperar. Siendo el objeto del comerciante, en todas sus especulaciones, el cambio de las producciones del pais donde sobran por otras que le faltan, sin duda su primer estudio ha de ser averiguar las necesidades recíprocas de las naciones, ó su situacion, clima, producciones, agricultura y artes, objetos en que se ocupa la geografía. Nunca un comerciante podrá hacer proyectos con tino, ni acertar en sus empresas mas que alguna vez por casualidad, si no ha cultivado con detencion y profundidad la ciencia, que es el norte de su giro y negociaciones.

5 El Ministro de un estado que, sin grande

instruccion en la geografía pretendiese formar planes de campaña, ó dirigir las tropas y esquadras de su Soberano, no haria mas que entregar las legiones y los navíos al hierro y fuego del enemigo, haciendo víctimas de su torpe ignorancia á millares de hombres. Un Ministro de relaciones exteriores, un Embaxador, un Negociador qualquiera, es preciso que pongan por primera basa de sus planes políticos el conocimiento exâcto de la fuerza, situacion, límites, poder y enlaces de las Potencias con quienes han de contratar ó hacer una alianza, ó á quienes se ven forzados á declarar la guerra. La historia ofrece sobrados exemplos de guerras temerarias, causa de la ruina de muchas naciones que las emprendiéron, sin conocer su impotencia para continuarlas, ni la superioridad del contrario; y ¡oxalá que los anales de una dinastía, que ha ocupado dos siglos el trono español, no ofreciesen tristes comprobaciones de esta falta de cálculo! al mismo tiempo que los tratados de las naciones europeas, quando se exâminan á buena luz, nos ponen á la vista exemplares continuos de estados ignorantes en los intereses generales y en los propios, engañados y oprimidos con alianzas mas ruinosas que una guerra abierta por otros gobiernos sabios y profundamente instruidos en la geografía política.

6 A los mismos teólogos escriturarios es indispensable el conocimiento de las naciones que pueblan el globo, y de su situacion; porque el *viejo Testamento*, que tanto se ocupa en describirnos los viages, las estaciones, el establecimiento, el cautiverio, y las guerras del pueblo Hebreo; y el *Nuevo* que ños instruye en la vida y pasos de Jesucristo, en los trabajos y viages de

los Apóstoles, especialmente de San Pablo, no pueden ser leidos tan útilmente como debe un cristiano, sin haberse ántes familiarizado con la geografía de la Palestina, de la Siria, de la Arabia, de la Mesopotamia, de la Asia superior, de la Grecia europea y asiática, del Egipto, de las islas del Archipiélago y de la Italia. Sin estos conocimientos, las ideas que se formen leyendo la Biblia serán á veces equivocadas, y un teólogo, que entregándose, como por desgracia sucede á muchos, á vanas sutilezas y disputas de palabras, haya descuidado este ramo precioso de instruccion, cometerá errores muy groseros en la explicacion de varios pasages de los libros santos.

7 Lo mismo digo de un canonista ó de un amante de las ciencias eclesiásticas, pues no podrá tomar idea exâcta de los concilios, de las traslaciones de sillas ó iglesias, de los viages y peregrinaciones de algunos santos personages, del teatro de la persecucion de los Emperadores gentiles ó Reyes idólatras, de los esfuerzos de los misioneros y progresos de sus trabajos; finalmente, ni de las variaciones ó diferencia de disciplina entre diversos pueblos de una misma comunion, si la geografía no le sirve de antorcha, guiándole en todas estas discusiones. Así tambien, como la bondad relativa de las leyes depende mucho del clima y situacion del pueblo para quien se promulgáron, es claro que un legislador poco ha de adelantar en el exámen filosófico de las leyes de varias naciones, y ha de errar torpemente en la aplicacion, si no toma de la geografía luces que no le da su facultad. Si lo hace, sabrá por qué las leyes de Mahoma, que electrizáron

á los árabes, no hubieran convenido á los habitantes del norte, y por qué Licurgo con sus leyes hubiera arruinado á Atenas, y Solon obscurecido á Esparta con su legislacion.

8 Pero donde la geografía se hace absolutamente precisa es en el estudio de la historia. Los antiguos decian muy bien, que sin el conocimiento de los lugares la historia es ciega. Con efecto, es imposible recorrer los fastos de un pueblo, enterarse de sus expediciones, de sus guerras ó de su gobierno, ni seguirle en sus vicisitudes políticas, sin conocer de antemano la corografía del pais, la de sus vecinos, y la de las potencias con quienes tuvo guerra ó alianzas; ni sacar fruto alguno de la relacion de una batalla ó de un sitio sin las previas nociones del lugar en que acaeciéron. Quien lea las guerras de los intrépidos romanos, la invasion espantosa de los bárbaros del norte, las rápidas conquistas de los árabes, las continuas disensiones de la media edad, las cruzadas, los grandes descubrimientos de Colon y de Gama, las gigantescas empresas del reynado de Cárlos V, las sabias campañas, fruto del despotismo de Fernando II de Alemania, la serie de triunfos y reveses que distinguen en Francia la época ruidosa de Luis XIV, las revoluciones acaecidas en las singulares campañas del héroe militar de Suecia Cárlos XII, las que fomentó el espíritu inquieto, y el valor siempre activo de Federico II de Prusia, ó las que hace mas de doce años tienen en dolorosa alarma á casi toda Europa ¿qué fruto sacará no habiéndose instruido ántes en el teatro de las operaciones? Valiera mas, en mi concepto, ignorar la historia, que aprenderla sin los preliminares de la geogra-

fía; pues como el fin de la historia sea instruir á los hombres en los sucesos y empresas de sus antepasados, quando á su estudio no precede el conocimiento del terreno en que acaeciéron, no puede producir mas que inútiles charlatanes, los que confundiendo ideas muy desemejantes, y llenando la cabeza de nombres que no entienden, hacen de la historia una nomenclatura para ellos insignificante, y un cúmulo de especies sin trabazon, y por consiguiente sin fruto, cuyos efectos son, á mi parecer, peores que la ignorancia misma.

9 Los autores latinos del siglo de oro, que son los mas excelentes modelos de la eloqüencia, tampoco pueden leerse sino de un modo material ó imperfecto, no precediendo al estudio de las humanidades la instruccion en la geografía. En esta parte son defectuosísimos casi todos los métodos de estudios de Europa. Se enseña á los jóvenes á describir eloqüentemente, ó á conocer las bellezas de las descripciones de la rapidez del *Simois*, ó de la impetuosidad del *Scamandro*, sin conocer siquiera la region por donde corren estos miserables arroyuelos. Ponen los maestros en sus tiernas manos á Salustio, Livio, César ó Tácito, les hacen leer batallas, retiradas, sitios, conquistas, arengas de Generales, y tratados de paz, no habiéndoles dado ántes las mas ligeras nociones de la geografía antigua, sin cuyo auxîlio es imposible conocer las bellezas del autor que habla, ni el mérito del héroe que executa.

10 Desde luego se advierte igual, y acaso mayor necesidad de los estudios geográficos para leer los antiguos y modernos poetas. Horacio tiene continuas alusiones á la geografía de Italia: Ovidio á la de las naciones bárbaras cercanas al

mar Negro; Virgilio llena casi toda su epopeya de viages de su héroe á distintas regiones y mares del mundo antiguo; y muchas epístolas de Marcial no pueden entenderse sin conocer la Celtiberia, sus montañas, y aun sus pequeños rios. El literato que maneja estos libros ¿hará de ellos mas que una traduccion gramatical, sin sentido ni inteligencia, quando no posee conocimientos delicados en la antigua geografía? Los poetas modernos hacen igualmente en sus cantos descripciones ó pinturas de los paises de que escriben, para cuya inteligencia es preciso ántes tener la noticia geográfica del terreno; y generalmente con mucha impropiedad ponderará las maravillas del mundo un poeta que no lo conoce, ni podrá ensalzar con voz magestuosa las obras de la naturaleza quien no la ha estudiado.

11 No hablo del profundo estudio que debe hacer de esta parte hermosa de los conocimientos humanos el rico propietario que se dedica á viajar, ó el navegante que quiere pasar los límites de un piloto rutinero; seria detenerme en cosas que nadie duda. Mas ¡qué copioso caudal de conocimientos geográficos necesita quien se proponga escribir la historia de un pueblo, ó las hazañas de un hombre esclarecido! Los antiguos estaban bien convencidos de esta verdad quando alaban unánimemente la diligencia de Polibio, que para describir la marcha de Anibal atravesando los Alpes en la estacion inclemente de otoño, se trasladó primero á exâminar por sí mismo aquellas elevadas cumbres donde se eterniza la nieve; así su historia puede citarse como un modelo de exâctitud. Por haber recorrido Xenofonte personalmente todo el pais desde el occidente de Asia

menor hasta la ribera del Eufrates, describe con admirable precision y verdad la heroyca retirada de los *diez mil.* Se ha notado tambien que Herodoto habla en sus historias de los paises por donde viajó, ó de los que tuvo buenas relaciones con una exâctitud y certeza, tanto mas acreditadas, quanto mejor se ha conocido el mundo, miéntras de las tierras, cuya geografía no conoció bien, dice muchas cosas que la posteridad indagadora ha descubierto ser fábulas indignas del *padre de la historia antigua.* Quinto Curcio representó torpemente la dilatada extension del Asia menor como un istmo medio entre el mar Negro y el Mediterráneo; y pasando de la historia de los héroes verdaderos á la de los fabulosos, Virgilio, el inmortal Virgilio, no bien instruido en todas las nociones geográficas que exîgian la accion principal y los episodios de su poema, cometió algunos errores notados muchas veces por los eruditos; y en sus Geórgicas se advierten tambien en quatro versos quatro yerros geográficos, confundiendo á *Farsalia* en Tesalia con *Filipos* de Macedonia, y á la *Hemathia* con los campos *Hæmios.*

12 Mas aun el que no aspire á entregarse únicamente á la deliciosa é inocente ocupacion de las letras, aun el que solo pretenda sacar de los conocimientos científicos aquella parte que basta para no ser reputado por hombre grosero en la sociedad y trato de las gentes, necesita mediano caudal de noticias geográficas. La historia presente del mundo, las negociaciones entre las potencias, las empresas de comercio, las batallas, las marchas, los sitios ó las retiradas de los exércitos, las navegaciones y los combates de las esquadras, forman

gran parte de la conversacion de los hombres sensatos reunidos en sociedad, y aun ocupan algunos momentos en las tertulias de las gentes mas frívolas. Un jóven que hallándose en estas concurrencias, ó no pudiese romper el silencio por su ignorancia, ó sin haber estudiado geografía, hablase despropósitos, pasaria desde luego por muy mal criado, y se formaria idea poco ventajosa de su educacion. Así, no solamente la clase literaria, no solo los hombres que han de brillar en los negocios públicos, sino toda persona que desee conservar mediano aprecio entre sus semejantes, ha de haber dedicado no pequeña parte de sus vigilias al estudio de la geografía, ciencia deliciosa, ciencia utilísima, ciencia universalmente precisa á todas las clases de la sociedad.

13 El exámen de la historia literaria de la geografía es el de los progresos del comercio y de las vicisitudes militares de las naciones. No es fácil decidir á qual de aquellas pocas, cuya historia conocemos, se debe el honor y gloria de haber sido la primera en cultivar la geografía con mas esmero y atencion que los demas pueblos. Quieren algunos que Sesostris, antiguo Rey de Egipto, fuese el primer inventor de las cartas geográficas, habiendo hecho construir un mapa al fin de su expedicion á la India, en que se representaban todas sus conquistas, y la extension de las naciones que habia subyugado desde la embocadura del Indo hasta la del Danubio; pretenden otros dar esta gloria á Josué, que dividió entre los Hebreos la Palestina; pero ni la edad ni las circunstancias de la historia de Sesostris, ni aun la misma exîstencia de este personage colosal estan fuera de duda, ni la distribucion de la tierra

santa entre los Hebreos parece bastante título para dar á Josué el honor de primer geógrafo. Mas bien podrá darse á los Fenicios que situados en terreno estéril, pero cercano al mar, se entregáron enteramente al comercio desde muchos siglos ántes de nuestra era vulgar, navegáron á mares y regiones distantes, y arrancáron al cielo con el estudio de la astronomía una señal que les indicase el norte en medio de la gran masa de las aguas.

14 Colonia de los Fenicios fue *Cartago*, y la Tiro del Africa siguió los mismos principios que la de *Siria*. Los Cartagineses, mas con miras de comercio y ambicion que llevados del noble deseo de saber, promoviéron viages y navegaciones que esparciéron mucha luz sobre nuestra ciencia. Sabidos son el viage de *Himilcon* á las tierras septentrionales, y el de Hannon á lo largo de las costas occidentales del Africa. No ha quedado el diario del primero; pero se conserva en griego el famoso *periplo* del segundo, rechazado como un escrito supuesto por Dodwell, pero defendido é ilustrado por Bougainville y Campománes.

15 Feroces y montaraces los Griegos en las primeras edades de su reunion en sociedad, recibiéron despues, de los extrangeros Fenicios y Egipcios, y de los viages de sus filósofos á la India, tales y tan grandes conocimientos, que la Grecia vino á ser el depósito de la sabiduría, y la maestra universal del occidente. Desde muy antiguo supiéron los Griegos que la figura de la tierra era esférica: *Talés de Mileto*, como seis siglos ántes de la era cristiana, representó en un globo la tierra y las aguas; y *Anaxímandro*, su discípulo, inventó las cartas geográficas, las quales se ex-

tendiéron tanto, que en tiempo de Sócrates fuéron ya comunes en los parages públicos de Atenas. Sin embargo, eran aun bien imperfectos los conocimientos geográficos de los Griegos en tiempo de la guerra de Xerxes, época de su mayor brillo y explendor. Habiendo reunido en Egina la flota combinada contra este déspota insensato, tuviéron por impracticable llevarla á Samos, porque creian, dice Herodoto, que la distancia de esta isla á Egina era tan considerable como la de Egina á las columnas de Hércules. Pero las conquistas del grande Alexandro, tres siglos y medio ántes de Cristo, contribuyéron infinito á extender las ideas de la situacion de la tierra entre los Griegos, por los nuevos paises y mares que diéron á conocer de los que ántes, ó no se tenia la menor idea, ó solo muy imperfectas relaciones. Dos ingenieros, Diognetes y Beton, que acompañaban al héroe macedonio en sus expediciones, levantáron la carta de los paises que iba conquistando; y su maestro Aristóteles, segun la opinion de algunos críticos, determinó la magnitud de la tierra por la aplicacion de las observaciones astronómicas á la geográfica. Así, Alexandro debe considerarse como uno de los mas ilustres protectores de nuestra ciencia. Montesquieu y Robertson han manifestado, con efecto, que si la humanidad tiene justas quejas contra su memoria; quando se exâminan sus operaciones filosóficamente, se ve al lado del guerrero insaciable y ambicioso, el mas profundo político, el calculador mas vasto y atinado, y el mas esclarecido promovedor de los adelantamientos científicos.

16 Tambien parece que en el siglo IV, ántes de Cristo, *Marsella*, floreciente colonia grie-

ga del Mediterráneo, émula de Cartago en el comercio y riquezas, tuvo la gloria de emprender con mucha ventaja de las ciencias, un viage marítimo. Pitheas, navegante de aquella ciudad, subió al N. de las islas Británicas, entró en el Báltico, y puso el término de su navegacion septentrional en la isla de *Thule*, bien sea esta una de las que componen el grupo de *Schetlard*, como puede inferirse de un pasage de Tácito, bien la *Islanda*, como quieren otros; pero de su viage no quedáron mas que ideas confusas, ni mas clásicos testimonios que lo que refiere Plinio en dos lugares de su *historia natural*; de modo que el fruto de este viage fue perdido para la geografía, suponiendo que lo hiciese, pues algunos le niegan el honor de haberlo executado, y suponen no hizo otra cosa mas que compilar memorias antiguas, y desfigurarlas para que se desconociese su orígen. Esta es la opinion del sabio Goselin, quien la presenta con razones y conjeturas ingeniosas en su excelente obra intitulada *Geografie des Grecs analysé*.

17 Quando la Grecia sabía, pero dividida y olvidada de sus antiguas costumbres, cayó baxo el yugo de los romanos, transmitió á sus dueños, entónces todavía inciviles y rudos, con el gusto de las ciencias, la aficion á la geografía, cuyo ramo de ilustracion no podia dexar de hallar favorable acogimiento en un pueblo en que todo se dirigia á la guerra y las conquistas. Las armas romanas penetráron en muchas tierras mal conocidas por los griegos, y entónces se describiéron perfectamente; y de la misma ambicion, de las mismas furiosas guerras con que turbáron al universo estos terribles conquistadores sacó nuevas

luces, nueva exâctitud y nuevas ventajas la pacífica geografía. Las conquistas en el Asia, las guerras del Ponto y de la Armenia, las alianzas y hostilidades con los Parthos, las expediciones á España, Galias, Egipto, Bretaña, Germania y Dacia, llenáron de preciosos conocimientos, de nuevas descripciones, de noticias desconocidas el teatro de la geografía hasta entónces muy reducido. Ningun otro pueblo de la antigüedad extendió mas con las conquistas los conocimientos geográficos, ni merece por este título con mas justicia ser reconocido por su perfeccionador y casi creador.

18 Ni solo se deben á los romanos estos aumentos de luces por una conseqüencia indirecta de sus conquistas; fomentáron ellos ademas directamente los adelantamientos geográficos desde que suavizando sus costumbres acogiéron favorablemente las ciencias. El grande Escipion facilitó á Polibio embarcaciones con que recorriese las costas de Africa, España y Galias, y se cree que el inmortal historiador navegó hasta el *Cabo verde* en la costa de Africa. Tres ingenieros Cenodoto, Teodoro y Polycletes levantáron mapas de la República romana en el consulado de César y Marco Antonio. Augusto hizo describir muchos paises del Imperio, y señaladamente trazar una carta de Italia, en que á lo largo de las costas, y sobre los grandes caminos estaban notadas las distancias por millas; y en su reynado se acabó sobre las memorias de Agripa la descripcion del mundo conocido, en que los romanos trabajaban desde 200 años ántes, y que se colocó en un gran pórtico de Roma, construido á este fin. Estrabon en el siglo de Tiberio fue un geó-

grafo, cuyas descripciones, casi todas fundadas en sus viages personales, merecen todavía la atencion y el estudio de los amantes de la antigua geografía. Pomponio Mela, natural de Andalucía, y el universal Plinio, continuáron los mismos trabajos, aunque no con igual empeño; y sobre todos, el Egipcio Tolomeo debe mirarse como nuevo padre de la ciencia geográfica. El, ántes que nadie, introduxo un método exâcto y seguro de medir las distancias de los lugares por los arcos de longitud y latitud terrestre, aplicando á la geografía las observaciones astronómicas; y aunque en la determinacion celeste de algunas tierras distantes padeció enormes errores, le disculpan bastante las escasas luces y medios de su siglo: él supo mas que todos sus antecesores, y por muchos tiempos fue el único texto y guia de los hombres en el estudio de la geografía. Por otra parte, muchas equivocaciones que advertimos en sus obras, acaso no son suyas sino de los copiantes, á cuya incuria é ignorancia debemos que Tolomeo haya llegado á nosotros enormemente desfigurado y corrompido.

19 En medio de la atencion que mereció la geografía en Grecia y Roma, es cierto sin embargo que aun en los últimos años del Imperio romano todavía era muy limitado el conocimiento que se tenia del mundo habitable. En Europa, como observa juiciosamente Robertson, apenas tenian alguna idea de las extensas provincias situadas al E. de Alemania; y aun ménos conocian los vastos paises que componen hoy los Reynos de Dinamarca, Suecia, Prusia, Polonia y Rusia. Nunca se habian registrado las regiones mas estériles, situadas baxo el círculo ártico. En

Africa sus investigaciones no se extendiéron mas allá de las provincias que sirven de costa meridional al Mediterráneo, y de occidental al *mar de Arabia*. No tenian en Asia la menor noticia de los ricos y fértiles paises que estan mas allá del Ganges, y de donde vienen los frutos preciosos, que en tiempos modernos han sido el grande objeto del comercio de los europeos en la India; tampoco parece que penetráron en aquellas inmensas regiones, ocupadas entónces por las tribus errantes, á quienes se daba el nombre general de Sármatas ó Escitas, y poseidas hoy por diferentes naciones tártaras, y por los vasallos asiáticos de la Rusia: creian tambien que las zonas glaciales y la tórrida eran inhabitables, dudaban de la poblacion de la zona templada meridional, y por lo comun miraban como quimérica la exîstencia de los antípodas.

20 Pero con la ruina del Imperio romano, con la venida de aquellos bárbaros, que fundando todo su derecho y todo el mérito en la espada, despreciaban con torpe altanería los conocimientos literarios de qualquier clase, se sumergió la geografía en el caos antiguo, del que habian intentado sacarla los ilustrados esfuerzos de Grécia y Roma (1). Cubrióse el occidente de espesas

(1) No obstante, en medio de la ignorancia de estos bárbaros, las piraterías de los noruegos y daneses en los siglos IX y X contribuyéron indirectamente al conocimiento de la geografía del norte de Europa, pues entónces se descubriéron y poblaron la Islanda y Groenlandia; y á fin del siglo IX el Rey Alfredo de Inglaterra, Príncipe de luces superiores á las que podian esperarse en su tiempo, compuso una geografía de Europa, monumento precioso de la nomenclatura geográfica de la media edad, del qual copia é ilustra varios fragmentos *Forster* en sus *Viages al norte*.

tinieblas, y en el oriente, aunque subsistió la imágen del Imperio romano, aunque reynaba el gusto del luxo y de la magnificencia, y aunque continuaba en florecer el comercio extinguido en casi todo lo demas del universo, sin embargo, los griegos cultiváron poco la geografía, y convertida su curiosidad y estudio á las vanas sutilezas de una metafísica contenciosa, despreciáron los conocimientos sólidos.

21 Entónces las ciencias se refugiáron á un pueblo, que parece debiera aborrecerlas eternamente por los mismos principios de su religion. Los discípulos del predicador de la ignorancia, los árabes, conquistadores de gran parte del mundo conocido, despues de la revolucion que trasladó el califato de la familia de los Ommiades á la de los *A'bbacides*, protegiéron las letras, casi desterradas de las regiones cristianas; y la geografía no fue la que les mereció ménos favorable y honrosa acogida. *Al-Mâmoun*, Califa del siglo IX, auxîlió eficazmente los progresos de la astronomía y geografía, reuniendo en su corte todos los sabios que pudo, traduciendo al árabe el libro de Tolomeo llamado *Almagesto*, y enviando dos astrónomos geómetras á medir en los llanos de Senaar un círculo máxîmo de la tierra. En el siglo XIV *Abou-l-fedha*, Príncipe de Hamah en Siria, cerca de Damasco, compuso una geografía universal, muy distinguida por la exâctitud y sinceridad que la acompañan. *A'bder-rachyd él-Bakouy* publicó á principios del XV otra geografía universal, dispuesta segun el órden de los climas, de que se hizo un extracto por lo respectivo á su descripcion del Egipto en las memorias del instituto del Cayro. Casiri,

en su *Biblioteca Arábico Hispana*, menciona considerable número de geógrafos árabes españoles, cuyos escritos exîsten en el Escorial, y aun parece que trazáron tambien algunas cartas geográficas. Los sabios astrónomos que traxo á su corte, á expensas de gastos considerables, el gran Rey de Castilla Don Alonso X, todos eran árabes ó judíos y moros instruidos en las escuelas arábigas, y son bien sabidas las mejoras que hiciéron en las tablas astronómicas y sus importantes observaciones. Su determinacion de la latitud de Toledo, aunque difiere en cinco minutos de la observada en 1796 por uno de nuestros mas dignos Generales, prueba, sin embargo, que aquellos hombres hacian aplicaciones útiles á la geografía de España.

22 Mas, en general, mirando imparcialmente los progresos de los árabes en nuestra ciencia, es preciso decir que la adelantáron muy poco, y que abandonáron el camino de los viages y observaciones astronómicas terrestres, el único que podia darla la perfeccion de que era susceptible. Su verdadero mérito consiste en haber traducido algunos escritos griegos, y haber mantenido en medio de la universal estupidez é ignorancia cierto gusto á las ciencias naturales; pero ninguno de sus escritos es capaz de excitar nuestra admiracion, ni contribuir mucho á nuestro adelantamiento. El mismo compendio de *Xerif Aledrisi*, intitulado *Geografía del Nubiense*, traducido al castellano, en lo tocante á España, por el erudito académico Don Josef Antonio Conde, no es mas que un itinerario seco y descarnado, sin filosofía alguna, sin noticias, y sin órden *científico*; y apénas puede servir para otra cosa

que para instruirnos en los nombres que los mas considerables pueblos del mundo habian recibido de los árabes.

23 Lo mismo puede decirse de los turcos, los quales, despues que saliendo de las riberas del *Irtis* y de los montes *Altay*, se derramáron por el occidente del Asia, al principio para servir de guardias á los Califas, á quienes el luxo y el despotismo habian enervado, y despues para destruir su imperio, diéron alguna atencion á la geografía; y lo mismo de los mogoles, que en los siglos XIV y XV espantáron con sus conquistas á los turcos, árabes y griegos. Ulug-Beck, sobrino del gran Timur, compuso en 1437 una tabla de longitudes y latitudes para rectificar sus observaciones astronómicas, y al mismo, como tambien á Nassir-Eddin, otro geógrafo árabe, debemos algunas noticias, aunque imperfectas, del centro del Asia, desde el mar Caspio hasta las costas de la China.

24 Considerando las tinieblas que cubriéron á la Europa cristiana en la media edad, se puede creer que nunca se hubiera pensado en viages ni adelantamientos en la descripcion del globo, si el interes y el entusiasmo, estos dos poderosos móviles del corazon humano, no hubieran inspirado aquel valor y fuerza de espíritu, necesarios para las grandes empresas, á unos hombres agoviados baxo el yugo de la supersticion y de la ignorancia, y oprimidos por el gobierno feudal. El fanatismo, con capa de religion, y la inquietud propia de los principios y situacion de los siglos baxos, pusiéron con furor las armas en las manos de millares de europeos, que dexando las comodidades y reposo de su patria, arrostráron

los mas grandes peligros por establecerse en las encendidas playas de la Siria; y las *Cruzadas*, estas guerras tan funestas á los héroes que las emprendiéron, como poco conformes al verdadero espíritu del cristianismo, produxéron indirectamente, entre otros bienes de mas consideracion, muchas descripciones y noticias sobre la navegacion del Mediterráneo y diversas regiones ya olvidadas del Asia y Africa. Al mismo tiempo algunas repúblicas de Italia, que se habian dedicado, como Barcelona en Cataluña, á la marina y al tráfico en medio de la ignorancia general; y las ciudades *anseáticas* de Alemania, unidas para defender su comercio de las opresiones del feudalismo, adelantáron la navegacion por distintos mares, y enriqueciéron con nuevas adquisiciones el caudal de la geografía.

25 Los Embaxadores enviados en el siglo XIII por el Papa Inocencio IV y por San Luis Rey de Francia á los mogoles, cuyas victorias hacian ya temblar á la Europa, nos han dexado en sus relaciones muchas noticias interesantes del Asia; y se conserva tambien un fragmento de la relacion del viage que hizo á la China en el siglo XIV el Franciscano Oderico de Portenau con otros frayles sus compañeros (1). Pero sobre todo, los viages y embaxadas de los venecianos, que de miserables isleños refugiados en el

(1) Tambien pueden contarse entre los monumentos geográficos de los siglos baxos los viages del judío Rabí Benjamin, natural de Tudela de Navarra, por los años de 1173 ó 1160, aunque la relacion está llena de tales patrañas, quales podian creerse y escribirse en época de tanta ignorancia, y entre una secta de hombres cuya divisa ha sido desde antiguo la excesiva credulidad. Parece que Benjamin llegó hasta Persia, y aun hasta el interior de la Rusia europea.

siglo v en las lagunas del mar Adriático, se habian convertido ya en los mas poderosos é ilustrados negociantes del mundo, ilustráron la geografía de las regiones remotas. El mejor monumento relativo al Asia, que poseemos de la media edad, y la mas exâcta descripcion hecha en aquella época, de sus partes septentrionales, se debió á los venecianos Marco y Nicolas Polo, que viajáron á fines del siglo XIII. Bárbaro tambien Veneciano, y Embaxador de su república, hizo dos viages en el siglo XV, uno á *Azow* y otro á Persia, y nos dexó en su relacion detalles muy curiosos sobre la Georgia y Moscovia, paises hasta entónces muy poco conocidos. Quirini navegó en 1431, no sin infortunios muy extraordinarios, desde Candia hasta Dronthein, en Noruega. No hago mérito de los viages de Nicolas y Antonio Zeno, desde 1380, á la Islanda, Groenlandia y costas de Terranova, pues de su autenticidad, aunque defendida con empeño por Forster, dudan otros con mucho fundamento.

26 Tal era el estado de la geografía á principios del siglo XV, quando desde el ángulo mas occidental de Europa recibió nuevas luces y descubrimientos de tierras ignoradas de la antigüedad. El zelo científico del Infante Don Henrique de Portugal, que retirado á un pueblo obscuro del Algarbe fomentaba con extraordinario suceso la náutica y astronomía, ya mas susceptibles de progresos desde que en época incierta, mas seguramente anterior á la mitad del siglo XIII, se descubrió la admirable propiedad del iman de dirigirse hácia el Norte, produxo atrevidas navegaciones en el mar Atlántico, disipó la absur-

da preocupacion de los antiguos sobre la absoluta despoblacion de la zona tórrida, y dió orígen al arte de las proyecciones estereográficas y ortográficas de los mapas, y á la introduccion de las cartas planas, sin las quales mal se pudiera haber conservado la noticia de los adelantamientos en la geografía de los mares y costas.

27 Pero quando nuestra ciencia avanzó con pasos de gigante, y quando se viéron nacer nuevos mundos y nuevos piélagos, fue á fines del siglo xv, y en todo el siguiente. Efectivamente, no se puede considerar, sin entusiasmo y admiracion, cómo se engrandeció y acrecentó el universo quando un feliz error presentó al inmortal Colon las Indias occidentales, cuya exîstencia, digan lo que quieran los fanáticos admiradores de la antigüedad, ni aun se sospechó jamas en Europa; quando doblado por primera vez el espantoso cabo *Tormentorio*, abrió Gama las puertas del oriente, y descubrió las regiones felices que ahora alimentan el luxo de Europa; quando Cabral arribó al Brasil, Cortés penetró en México, Balboa se arrodilló ante las inmensas aguas del grande océano, Solis fue devorado por los indios en las bocas del rio de la Plata, y Magallanes surcó y unió aquel vasto piélago con el Atlántico, dando su navío la *victoria*, mandado por Juan Sebastian el Cano, por primera vez la vuelta al globo, y exâminando la estructura de la habitacion de la humanidad, y la forma del globo terráqueo; ó, finalmente, quando no contentos con la navegacion de los mares meridionales, penetráron los europeos en las aguas del norte en busca de un paso mas breve para la India y la China, dexando Forbisher, Davis, Hudson,

Baffin, y varios navegantes Holandeses su nombre indeleblemente impreso en las regiones polares, como los marinos españoles en la costa N. O. de América, que empezó á registrarse despues del descubrimiento de la California. Revolucion fue esta tan lisonjera á la geografía, como inesperada y nueva á los ojos del hombre. Entónces se conoció claramente quan corta era la extension de los conocimientos geográficos entre los mas sabios antiguos, entónces se poblárón y llenárón de naciones vastísimos espacios que se veian vacíos en las cartas, y entónces la curiosidad y codicia excitáron á otros viages y expediciones, que produxéron cada dia nuevos descubrimientos. Alargado así, y acrecentado el mundo, se aumentó tambien el deseo de conocerle, y tomó un vuelo prodigioso el estudio del globo, al mismo tiempo que el renacimiento de las letras en Europa estimuló á los sabios á rectificar é ilustrar con laboriosas obras la antigua geografía; la invencion del grabado en madera, y luego despues en cobre, facilitó y multiplicó la construccion de las cartas; se substituyéron felizmente en España, y despues en toda Europa, las cartas esféricas á las planas; y el atrevido Copérnico, resucitando y confirmando con nuevas pruebas la antigua opinion del movimiento de la tierra, echaba desde el fondo de la Prusia los cimientos de la verdadera astronomía.

28 Generalizado el estudio de la geografía, é interesadas mas y mas las naciones europeas en promoverle para continuacion de sus relaciones políticas y mercantiles, y para seguridad de la náutica, hubo sucesivamente atrevidos viageros y geógrafos insignes que adelantáron nuestra cien-

cia, la qual, aunque todavía distante de la perfeccion, se engrandeció mucho con las nuevas observaciones astronómicas, con los viages literarios emprendidos por algunas sociedades sabias, con los descubrimientos que cada dia aumentó la navegacion, y con los estudios de tantos grandes hombres como, dotados del talento necesario, han dado órden, claridad y extension á las nuevas ideas con que se iba enriqueciendo la geografía. Por esto, desde el siglo XVI, su historia literaria es tan complicada y llena, que solo el reducirla á un ligero y superficial resúmen seria obra de muchas páginas. Los holandeses, que despues de largas guerras y grandes reveses, triunfáron al fin de la España, y conquistáron su libertad, deseosos de tener por un camino mas corto los géneros del Asia, reconociéron las costas é islas mas septentrionales del mundo antiguo, y la geografía del norte se aclaró sobremanera de resultas de los viages marítimos de *Cornelisson* y *Barentz* en 1593; de *Heemskerk*, *Barentz* y *Rip* en 96; de *Mayen* en 1611; de *Ise-Ryke* en 1640; y del que en 1656 hizo un Capitan mercante hasta baxo el mismo polo ártico, donde refirió haber hallado el ayre tan caliente como acostumbra estarlo en verano en Amsterdam; así como se conociéron entónces por primera vez las costas é islas al N. del Japon, habiendo explorado estos mares los navíos de la Compañía Bátava de las Indias. El mismo interes de comercio estimuló á los ingleses, cuya historia marítima ofrece una lista largnísima de viageros que hiciéron descubrimientos en el Norte, y él mismo penetró tambien en Francia, donde se distinguiéron Jacobo Cartier y Juan Verazzani, que costeá-

ron el Canadá y otras provincias marítimas del oriente de la América septentrional, en cuyas latitudes habia ya descubierto á Terranova en 1497 el italiano Juan Caboto. Corterreal y otros portugueses de los siglos XVI y XVII, como tambien varios marinos de Dinamarca ocupados en la pesca de la ballena, recorriéron en diversas longitudes, y hasta paralelos muy elevados, las aguas del norte, y descubriéron en algunas regiones apartadas, islas y estrechos, como puede verse por extenso en la curiosa coleccion de viages de Forster; y los portugueses, ademas, en sus continuos viages á la India halláron muchas islas en lo interior del Atlántico. Entre tanto se levantaban en Zelanda las excelentes cartas de Carles y Hallings: Jason y Bleu publicaban su Atlas en quatro lenguas: Mercator y Ortelio, en Flandes, trabajaban mapas y explicaciones: en Italia, Magin de Padua, en el siglo XVI, componia una geografía comparada con la de Tolomeo: y en el XVII, Riccioli aplicaba á esta ciencia todas las partes de la matemática, y enseñaba á perfeccionarla y reformarla por las observaciones astronómicas, disminuyendo ya él mismo con sus profundos conocimientos ocho grados la distancia de la Italia á la América, y veinte y ocho la distancia á la China; finalmente, hasta en los helados paises del norte, en la Suecia, empezaba á mirarse con ardor el adelantamiento de la geografía. Cárlos IX, en el siglo XVII, estableció una sociedad geográfica, é hizo levantar una carta general del Reyno, en seis hojas, por Burens; y Cárlos XI proporcionó nuevas y mas exâctas cartas de la Suecia, valiéndose de los trabajos de Gripenheim y de Alhberg.

29 En el reynado de Felipe II de Austria levantó el Maestro Esquivel la carta general de la península de España, midiendo personalmente toda su superficie por el método de los triángulos, y *llevando al cabo la descripcion hecha con mas cuidado, diligencia y verdad que hubiese desde que el mundo es criado*, como se explica un antiguo escritor nuestro; y es harto lastimoso que se haya olvidado ó perdido este insigne monumento de nuestros progresos en las ciencias exâctas, el que por testimonio de Ambrosio de Morales se conservaba en palacio en 1570, y todavía andaba en manos de los cosmógrafos de principios del siglo XVII. Pensóse tambien en este reynado disponer una geografía ó diccionario geográfico de España, á cuyo fin se dirigió el año 1575 un interrogatorio á los Prelados y Corregidores del Reyno, del que quedan muchas respuestas en la Biblioteca de la Academia de la Historia. Finalmente, las famosas navegaciones de Alvaro de Mendaña en 1567 y 95, de Sarmiento en 1579 y 80, y de Juan Fernandez en 1577, proporcionáron nuevos é importantes descubrimientos, que aun conservan sus nombres en el grande océano, con no ménos justicia que los de Pedro Fernandez de Quirós, y Luis Vaez de Torres, que en el reynado de Felipe III halláron la *tierra del Espíritu Santo*, y otras islas y estrechos, las quales, olvidadas despues, han sido modernamente reconocidas por los sabios argonautas del siglo pasado. Hácia 1610 levantó astronómicamente el mapa de Aragon, Juan Bautista Labaña; en 1618 y 19 reconociéron los Nodales el estrecho de *Mayre* recien descubierto; y en 1662 publicó Teixeira el mapa mas exâcto que hasta

ahora tenemos del reyno de Portugal (1). En general se puede decir que miéntras duró la dominacion en España de los Reyes austriacos; en medio de la miseria y de la calamidad pública; en medio del abandono general, que se introduxo en los últimos años, de las ciencias exâctas, dedicándose la juventud á estudios estériles, no dexáron de promoverse la formacion de varios mapas de España y América, viages y navegaciones largas, señaladas por el fruto que traxéron á la hidrografía, y expedientes para promover y mejorar la teoría de la navegacion; y se debe contar como muy glorioso á la memoria de aquellos Reyes haber sido Don Felipe III el primer Soberano que propuso premios para la resolucion del difícil problema de la longitud en la mar, y la España el primer pais donde los principios del pilotage se reduxéron á sistema, y se miró como ciencia la navegacion; acerca de cuyos particulares merece leerse el erudito discurso del Señor Don Martin Fernandez de Navarrete, *sobre los progresos que ha tenido en España el arte de navegar* (2).

(1) En tiempo de Felipe IV se levantáron cartas de nuestras costas por ingenieros comisionados al efecto; pero no se publicáron, ni sé donde paran. Tambien se consolidó entónces, y recibió nuevas constituciones el importante empleo de Cosmógrafo mayor de Indias, creado por Felipe II con el fin de difundir la enseñanza de la astronomía y geografía en España, y de rectificar la descripcion del nuevo mundo. Con el mismo objeto habia establecido Cárlos I en Sevilla una cátedra de matemáticas y navegacion, que regentó el famoso Sebastian Caboto.

(2) En las Cortes de Monzon de 1552 aprobó el Rey Don Felipe II el *padron general, grados y distancias* del viage al continente descubierto de las Indias, formado de acuerdo de los cosmógrafos, pilotos y maestres, mandando que los cosmógrafos con autoridad pública hi-

30 Pero en lo que sobresale entre muchos siglos el siglo XVII de nuestra era es en los asombrosos progresos que entónces hizo la astronomía, sin los que siempre la geografía hubiera quedado muy imperfecta, y jamas se hubiera conseguido exâctitud en la determinacion de los

ciesen en adelante las cartas de marear, y fuesen añadiendo lo que resultase de nuevo de las relaciones de los pilotos, á quienes tomaban juramento en ellas. Esta sabia ley es un testimonio honroso del empeño é interes con que miraba el gobierno de España los adelantamientos en la hidrografía.

La lista de obras geográficas y náuticas, publicadas por los españoles en los siglo XVI y XVII, manifiesta mas que todo quan en boga estaba entónces entre nosotros el estudio de este ramo de las ciencias exâctas, todavía no tratado científicamente en las naciones extrañas. En 1519 imprimió Martin Fernandez de Enciso, uno de los descubridores de la costa firme de Nueva España, la *Suma de Geografía*; en 1545, Pedro de Medina, su *Arte de Navegar*; en el46, Pedro Nuñez, bien conocido por su ingeniosa invencion para dividir los instrumentos, el libro de *Arte atque ratione navigandi*; en 1551, el aragones Martin Cortés, su *Breve compendio de la esfera* &c. Las obras de este y las de Medina fuéron traducidas con aplauso de los extraños á varios idiomas de Europa. En 1570, el catalan Gerónimo Girava publicó en Venecia una *Cosmografía y geografía*; en el 75 se imprimió en castellano, en Amberes, la *Manera de describir y situar los lugares* de Pedro Apiano, corregida por Gemma Frisio; dióse tambien á luz entónces la *Cosmografía* de Pedro Grau, de Tarragona, con una tabla de longitudes y latitudes de los principales pueblos de Indias; en 1599 la *Esfera del universo*, de Don Gines de Rocamora; en 606 el *Regimiento de navegacion*, de Andres García de Céspedes, Cosmógrafo mayor de Felipe III; en 608 el *Compendio del arte de navegar*, de Rodrigo Zamorano, Catedrático de Cosmografía en la casa de contratacion de las Indias; en el mismo año la *Navegacion especulativa y práctica*, reformada por las observaciones de Tico Brahe, del Matemático portugues Antonio de Náxera; en 619 la *Cosmografía universal del mundo, y particular de la Siria*, del aragones Sesé; en 626 la *Imágen del mundo*, de Lorenzo Ferrer de Maldonado, diestro y atrevido impostor de aquellos tiempos; y en 1681 la *Nueva descripcion del orbe de la tierra*, de Don Josef del Olmo.

lugares de la tierra. En efecto, quien sepa como la descripcion del globo terrestre depende de la perfeccion de la astronomía, no podrá dexar de poner en los anales de la ciencia geográfica, al frente de todos los siglos, á aquel en que se descubriéron los anteojos, se halláron las leyes de Keplero, vino á ilustrar la razon humana la teoría de la atraccion, y se hiciéron tan grandes experiencias para determinar la figura de la tierra, y para resolver otros problemas de la mayor importancia, por los individuos de la Academia de las Ciencias de Paris, y de la Rëal Sociedad de Lóndres. Mas á pesar de tanto como se hizo en este siglo, todavía el XVIII llama con mucha razon nuestro exámen, y puede sostener el paralelo con el XVII. En la astronomía nos ha dado el siglo pasado doce épocas muy importantes. El descubrimiento de un nuevo planeta, y de ocho satélites, la demostracion del retorno de los cometas, y la observacion y determinacion de sesenta y ocho cometas nuevos; la aberracion y la nutacion de las estrellas; el paso de Vénus, y la verdadera distancia del Sol, y de todos los planetas á la tierra; la figura de esta, y sus irregularidades; el cálculo de las desigualdades que produce la atraccion, especialmente de Júpiter y Saturno, el qual ha dado tablas exâctas de todos los planetas y satélites; las tablas de la Luna, las mas importantes de todas, llevadas á la precision de un quarto de minuto; en fin, la observacion de cincuenta mil estrellas, todo esto ha sobrepasado las esperanzas que se habian concebido hace cien años de los progresos ulteriores de la astronomía, cuyas aplicaciones son las que rectifican, ilustran y corrigen la descripcion de la tier-

ra ; pudiéndose, á tanto y tan admirable adelantamiento, añadir la perfeccion de los instrumentos con que se observa el cielo ; sectores, anteojos meridianos, sextantes, círculos enteros, círculos de reflexîon, telescopios de Short y de Herschel, compensador para los péndulos, cronómetros para la marina, todo ha tomado en el siglo XVIII un nuevo aspecto. En muchas poblaciones de Europa se han establecido observatorios astronómicos, á cuyos trabajos y atenta observacion de los fenómenos se debe la rigurosa determinacion de la longitud y latitud de los principales puntos y poblaciones ; y en nuestra España, á mas de los observatorios de la marina, entre los quales merece distinguirse por sus *efemérides* y observaciones el de la isla de Leon, cerca de Cádiz, el gobierno estableció uno en la corte, dotándole con copia de preciosos instrumentos ; y en 1796 tomó nueva forma y recibió considerables rentas por la proteccion del Excelentísimo Señor Príncipe de la Paz, á cuyo ilustrado zelo y amor á los adelantamientos geográficos se debe que el cuerpo de observadores tenga por ocupacion preferente levantar astronómica y geométricamente la carta de la península; obra necesaria, obra que desean todos los amantes del honor nacional, obra, finalmente, que si se concluye, segun las esperanzas del público, llenará de gloria á sus autores, y al esclarecido Ministro que la promovió (1).

(1) En tiempo del Rey Don Felipe V se hiciéron en toda la extension de las Audiencias del Reyno operaciones geométricas *para acertar á construir una carta exácta y circunstanciada de España.* Con arreglo á estas operaciones, y baxo los auspicios del Señor Marques de la Ensenada, trazáron la deseada carta los Padres Jesuitas

31 Los atrevidos viages emprendidos con inteligencia y con auxîlios científicos por mar y por tierra, han llenado de luces y de novedades las cartas geográficas en el siglo XVIII. Apénas ha habido nacion alguna de Europa que no haya querido distinguirse en esta gloriosa carrera. Sobre todo, ¿quánto no debemos á los navegantes rusos que visitáron y reconociéron las costas N.E. de Asia, y N.O. de América; quánto á Bougainville, á Volney, á La-Perouse, á Entrecasteaux y á otros marinos con que se honra la Francia, quanto á los sabios franceses que acompañáron á Bonaparte en la expedicion de Egipto; quánto á los Capitanes Biron, Wallis y Carteret, al inmortal Cook, á los dos Forster, al intrépido Mekenzie, á Bruce, Brown, Horneman, y á tantos otros ingleses que, ó han surcado mares desconocidos y horrorosos, ó penetrado con arrojo en el fondo ardiente del Africa, ó en los salvages y helados paises del interior del N. de América; y quánto finalmente, á los marinos españoles de los viages al Magallanes en 1786 y 88, y mas especialmente al Comandante y Oficiales de la expedicion científica á las costas de América, Asia é islas del grande Océano, verificada con tanta sabiduría y felicidad desde 1789 hasta 1794? Se puede decir que despues de tantos y tan glorio-

Martinez y de la Vega, desde 1739 hasta 43, y existe perfectamente dibuxada, y con un precioso detalle de montañas, rios y demas objetos de la geografía física en la biblioteca del Señor Duque del Infantado, de donde la copió un amigo mio, en cuyo poder la he visto, dividida en veinte y tres hojas. Es bien doloroso que este resultado de nuestros trabajos geográficos, tan útil y necesario en las operaciones del gobierno, y en las investigaciones literarias, no haya visto la luz pública, y quede confinado en los obscuros rincones de un archivo.

sos viages, despues de tan nuevos é importantes descubrimientos, el mundo es ya otro, y no es posible abrir un mapa del siglo pasado, sin que nos llene de justo orgullo, comparando la tierra que pintaban nuestros antepasados con la que nosotros legamos á los siglos futuros, por resultado de nuestras empresas, de nuestra ciencia y de nuestros heroycos esfuerzos.

32 No puede haber duda que los viages son la mejor guia de un escritor, y que en general las sencillas relaciones de los viageros y navegantes merecen preferirse á las mas delicadas descripciones de algunos geógrafos que no han dexado su gabinete para ir á verificar los hechos sobre los puntos del globo que describen; por lo que la multiplicacion de estos viages y de estas navegaciones debe mirarse como el mejor auxîlio que la geografía haya podido recibir. Es verdad que los viageros no siempre han visto bien el mundo, algunas veces no estan de acuerdo, y aun quando hablen de buena fe, mil causas pueden extraviar su juicio; pues, si cien bombres, como decia Plutarco, leen un mismo libro, sin leer las mismas cosas, lo mismo debe suceder en el modo con que los viageros ven qualquier objeto. Pero en el supuesto de haberse de tomar las noticias geográficas de algun original, ¿quién será mas digno de crédito, quién tendrá mayores derechos á nuestra confianza, el sabio escritor que en su retirado y angosto gabinete establece brillantes teorías, y pinta los paises y los mares segun los principios de su sistema, y con la marca de sus preocupaciones, ó el intrépido viagero que expone heroycamente su vida por buscar la verdad en las regiones mas lejanas? ¿El

gran Buffon, y el laborioso Maupertuis, sosteniendo la exîstencia de un continente en el hemisferio austral, porque así lo *exîge*, decian, el *equilibrio del globo*; ó el inmortal Coock, que rodeado de montañas de hielo mas allá del círculo polar antártico está viendo con riesgo inminente de sus preciosos dias que no exîsten tales tierras? Hombres extraordinarios y superiores á la muerte; vosotros Hougthon, Parck y Browne, que sufristeis los ultrajes, la hambre y las prisiones por conocer el interior de la Africa; vosotros Coock, La-Perouse, Langle, Entrecasteux, Ledyard, que modernamente habeis sido víctimas del noble anhelo de conocer mas hombres para llenarles de beneficios; tú, admirable Mekenzie, que penetrando por entre los bosques y salvages del Canadá has llegado en las latitudes septentrionales desde las orillas del atlántico hasta las del grande océano, y hasta las del mar hiperbóreo; tú, valeroso Humboldt, que ansioso de adquirir caudal de conocimientos has reconocido lo mas horrible é intransitado de la América meridional, andando mil leguas en canoa, y llevando instrumentos hasta la altura á que ningun hombre habia llegado; vosotros, finalmente, todos quantos os habeis atrevido á arrostrar las olas del procelozo océano, que encierra los mas dulces individuos de la especie humana, y todos los que por instruirnos mas completamente en la habitacion de los hombres perdisteis las dulzuras de vuestra familia, las comodidades de vuestra patria, y dividisteis con vuestro equipage y compañeros, ó sufristeis sin compañía la hambre, la sed, los encierros, las enfermedades y acaso una obscura muerte no acompañada de lágrimas ni de amigos;

seres benéficos, dignos de eterno amor, y de la gratitud de vuestros semejantes; merecerán las relaciones que escribisteis en medio de las olas del océano, al lado de espantosos volcanes, en el hedor de las prisiones, en el cansancio de ásperos caminos, y con una mano ó enervada por los ardores de la zona tórrida, ó comprimida por el hielo de las vecindades del polo, ser preferidas en mi obra á las deslumbradoras ideas, á las brillantes pinturas de aquellos sabios que, sentados en el muelle sofá de su librería, sujetan al mundo á sus opiniones, y le ven no como es en sí, sino al traves de sus queridos sistemas. Jamas leerá la historia de vuestros descubrimientos sin interes y entusiasmo este jóven que os admira desde su infancia, y que gustoso se arrojara en medio de los riesgos que arrostrasteis con heroismo, si de este sacrificio le hubiera de resultar la gloria que eternamente irá unida con vuestros nombres. Permítaseme esta digresion: el oficio del escritor seria muy penoso si alguna vez no le fuese lícito ceder á los estímulos del sentimiento que le oprime.

33 Con estos viages tan importantes han concurrido en el siglo próxîmo expediciones sabias, promovidas por las naciones de Europa para rectificar la hidrografía de las costas, ya en la metrópoli, y ya en las colonias ultramarinas, como tambien el establecimiento de *Depósitos Hidrográficos*, donde oficiales diestros combinan, reunen y analizan los trabajos de los navegantes. Son muy conocidas las ventajas que han resultado del depósito de Francia, y no menores las que ha producido el de España, donde se han juntado y aprovechado todos los diarios y observaciones de nuestros pilotos en varias partes del mundo, y

donde se han publicado con nueva exâctitud las cartas mas necesarias para la navegacion. Ya ántes de este establecimiento las campañas de Don Vicente Tofiño nos habian proporcionado un atlas de nuestras costas, que puede competir por la sabiduría de sus fundamentos, y por la execucion, con lo mejor que en esta clase se ha hecho en Europa; y posteriormente Churruca, Fidalgo, Galiano y otros oficiales de marina han dado nuevo ser á la hidrografía de América. Rosili, xefe del depósito de Paris, publicó una detallada carta del mar de Arabia: los atrevidos viages y observaciones de Beauchamp han corregido crasísimos errores en la descripcion del mar Negro: los ingleses han levantado geométricamente una magnífica carta del curso del Ganges: los suecos, despues de muchos años de operaciones y reconocimientos, han dado á luz un soberbio detalle de las costas é islas del Báltico: los rusos por su parte trabajan en describir casi todos los mares que estan sujetos á su inmensa dominacion, y ::: pero seria nunca acabar si pretendiese decir solo de paso lo que la hidrografía debe en el siglo XVIII á los desvelos é ilustradas tareas de todos los pueblos marítimos de Europa.

34 Produxo ademas este siglo sabios geógrafos, que con sus disertaciones, crítica y exámen han hermoseado las áridas relaciones de los viageros, reunido materiales para la historia de la geografía, y comparado unas observaciones con otras, para deducir la verdadera situacion de los lugares, y trazar las cartas con exâctitud. Dalrimple, Renell y Arrowsmith, en Inglaterra; Gosselin y Fleurieu, en Francia; Zack, en Alemania, son por esta razon leidos con interes y uti-

lidad; habiendo hecho á la geografía el mismo apreciable servicio que Del'Isle y Danville en el siglo XVII. Se han formado tambien establecimientos para promover el reconocimiento del globo, entre los quales merece distinguirse la sociedad africana de Lóndres; así como entre los ricos particulares, cuya bolsa ha estado siempre abierta al socorro de los viageros indigentes, ó al auxîlio de toda empresa útil á la geografía, el respetable y sabio ingles Josef Banks, en otro tiempo compañero del desgraciado Cook, y ahora Presidente de la Sociedad Real.

35 A pesar de tantos adelantamientos en el siglo XVIII, á pesar de estar ya reconocidos los últimos rincones del globo, y que apénas queda nada por explorar, todavía el siglo XIX promueve viages y proyectos en bien de la geografía, que le hacen muchísimo honor, y que pueden conducir al perfecto conocimiento de la tierra, y á la mas rigurosa precision en las latitudes y longitudes de los puntos interesantes. En efecto, si este siglo se ha abierto en los anales de la astronomía con la gloriosa novedad del descubrimiento de dos nuevos planetas, tiene ya en los primeros años algunos títulos, que le deben dar un dia lugar distinguido en los fastos de la geografía. Los Capitanes franceses Baudin y Hamelin estan dando la vuelta al globo en viage de descubrimientos, acompañados de naturalistas y astrónomos (1): el ingles *Flinders*, Comandante del *Investigador*, se halla reconociendo científicamente las aguas del grande océano, y el Te-

(1) Posteriormente se ha sabido la muerte de Baudin, en su viage. La expedicion francesa ha vuelto ya á Brest cargada de tesoros de historia natural.

niente Grant las costas de la New-Gales. Tambien dan la vuelta al mundo, y ya se sabe han salido de Tenerife dos baxeles rusos al mando de Mr. de Krusensterre. Los Capitanes anglo-americanos Lewis y Glark viajan por lo interior de la América septentrional con el objeto de reconocer el orígen del Missisipí, y embarcarse despues en algun rio caudaloso para salir al grande océano. Se espera la publicacion del viage marítimo á levante, hecho baxo los auspicios del Señor Príncipe de la Paz por la fragata *Soledad*, al mando de Don Dionisio Alcalá Galiano, cuyas observaciones corrigen mucho la defectuosa hidrografía de la parte oriental del mediterráneo; y tambien se interesan sobremanera los amantes de las ciencias en el feliz éxîto del que ha emprendido al interior de la Africa un jóven español, Don Domingo Badía, protegido del mismo Mecenas. El célebre astrónomo Mechain está actualmente prolongando hasta Mallorca la meridiana de Francia, obra dificil y de importantes conseqüencias, executada por Casini, La Hire, La Caille, Delambre, por el mismo Mechain y otros insignes geómetras; y el Rey de Suecia costea una expedicion científica al círculo polar para hacer nuevas medidas de un grado septentrional de la tierra, que sirvan á determinar mejor su figura. El depósito de la guerra de Francia ha hecho construir una magnífica carta del Egipto de treinta y dos pies de larga: se levantan tambien en gran punto, y con excelentes fundamentos las de Baviera, Suavia y Wesfalia en Alemanía con igual escala á la de Francia de los Señores Casini: en la cátedra de astronomía de Copenhague se preparan discípulos para levantar

la de Islanda; en el año pasado decretó la República italiana que diferentes astrónomos y geómetras la levanten de todo su territorio; y el Teniente Coronel Kraienhoff trabaja en formar un mapa trigonométrico de la República bátava, que suponen quedará concluido en este verano. Tan grandes son los materiales que en solos quatro años ha dispuesto y preparado nuestro siglo como títulos de su mérito literario en la historia de la geografía.

36 Despues de haber demostrado la universal utilidad de la geografía, y el empeño con que se han interesado en sus progresos las naciones mas sabias, podrá preguntarse ¿por qué esta ciencia, tan deliciosa y tan necesaria, apénas se cultiva entre nosotros, y por qué no forma parte de nuestra educacion literaria? No trato yo aquí de indicar las muchas y verdaderas causas de este abandono indecoroso; pero no puedo ménos de hacer la siguiente reflexîon. Es indudable que nunca habrá geógrafos de profesion miéntras la geografía no se haga en España una ciencia de interes como las demas carreras; pero sin grandes estímulos, sin esperanza de grandes premios se podrá propagar entre la juventud el estudio de la geografía, y extender en todas las clases unos conocimientos que tanto les han de servir en la sociedad, ó en los destinos á que les llame su carrera pública. Esto se conseguirá creando muchas enseñanzas de nuestra ciencia en las universidades y establecimientos literarios del Reyno, los quales rebosando en escuelas de las ciencias que llaman *magistrales*, jamas han pensado en abrir una de geografía; y aun en estos últimos años, los autores de nuevos planes ó institutos

olvidáron, por inexplicable ceguedad, señalar á la geografía su escuela y sus profesores quando protegiéron justamente casi todos los demas ramos de las ciencias naturales. La juventud fácilmente omite en el plan de su educacion lo que no se le enseña, y fácilmente tambien cree ser poco útil lo que ve tan generalmente abandonado. De aquí procede la ignorancia universal aun de los mas sencillos principios de esta ciencia entre los militares y comerciantes, que son las clases que mas la necesitan, ignorancia que da una idea muy poco ventajosa de nuestra cultura. La publicacion de estas lecciones, ofreciendo un texto, que hasta ahora faltaba, con que explicar los elementos de la geografía, podrá ser un estímulo para el establecimiento de cátedras donde se enseñen. Si contribuyen á tan gran fin de qualquier modo, mi trabajo habrá recibido la recompensa mas gloriosa.

# LECCION PRIMERA.

*Primeros viages de los hombres. Observacion de las estrellas circumpolares y del polo ártico. Descubrimiento y descripcion de la brúxula. Irregularidad de sus variaciones.*

1 Apénas exîstiéron los hombres, ya se viéron precisados á viajar, y á proporcion que sus necesidades y conocimientos se multiplicáron, y sus relaciones se extendiéron, mayor fue la necesidad de los viages; pero echáron pronto de ménos algunas señales ó guias que les indicasen el parage donde se hallaban, y la direccion del camino. Sin duda se servirian al principio, en tierra, de medios groseros aunque conducentes para el fin: los árboles, las colinas, las chozas, los rios, otras mil señales que presenta la superficie variada del globo terrestre, conduxéron al viagero, y le dirigiéron sobre todo en viages no muy largos. Pero en la mar, en la inmensa masa de las aguas, donde léjos de reconocerse objetos distintos que den idea de nuestra situacion, la horrorosa uniformidad de quanto le rodea, dexa al navegante en la triste ignorancia del parage en que se encuentra, y del camino para el término de su navegacion, no era posible gobernarse con alguna seguridad.

2 Por esto los primeros hombres jamas se atreviéron á enmararse; navegaban lenta y medrosamente á lo largo de las costas, no apartándose de la vista de los cabos ó ensenadas que les servian de señales, ó dirigiéndose, quando mas, por el vuelo de los páxaros. Tales fuéron los via-

ges náuticos de los antiguos griegos, quienes miraban como extraordinarias y aun milagrosas, navegaciones, cuya direccion podria hoy fiarse al piloto ménos instruido.

3 Suponen que los fenicios, pueblo consagrado al comercio por su situacion local y sus costumbres, arrancáron la primera vez al cielo una señal fixa que les guiase en los viages náuticos, y que á esta feliz aplicacion de la astronomía, acaso la que mas ha contribuido á facilitar la comunicacion entre los miembros de la especie humana, debiéron el feliz éxito en las arriesgadas y largas navegaciones que emprendiéron, y que hoy excitan aun justamente nuestra admiracion. Los primeros hombres, que se entretuviéron mirando al cielo despacio en noches serenas, observáron que todos los cuerpos luminosos ó estrellas esparcidas en la gran bóveda celeste andaban un círculo en el espacio de veinte y quatro horas, segun manifiestan las apariencias; pero que estos círculos eran tanto menores quanto se hacian mas cerca de algunas estrellas que parecian inmobles, porque miradas en qualquiera estacion y á qualquier hora del año, se hallaban en el mismo sitio, las quales por consiguiente podrian serles término seguro de comparacion. Advirtiéron que el sol á cada mediodia, en su mayor elevacion, estaba en el punto opuesto al lugar que corresponde á estas estrellas, y con esto tuviéron la primera idea de la *línea meridiana*, y una regla fixa para conducirse en sus viages de tierra con mas seguridad que con los primeros signos. Bastaba saber que para ir á cierto pais se debia seguir aquella línea, caminando hácia el sol ó hácia el lado opuesto; ó que para ir á otro debia cortarla el

camino con cierta obliqüidad. Aplicados estos principios á la mar, se dirigiéron con algun tino y tal qual acierto las navegaciones.

4 Observando con mas atencion las estrellas que dirigian la meridiana, y que se habian tenido por inmobles, se vió que no lo eran, ántes bien se movian como las otras; pero se llegó á conocer que su muy pequeño movimiento, no advertido, habia estorbado observar que no correspondian á los mismos lugares del cielo; que realmente ya estaban mas elevadas, ya ménos, y que en el tiempo de cerca de una revolucion del sol se hallaban una vez en su mayor, y otra en su menor altura. Vióse tambien que describian en los cielos sus círculos al rededor de un punto que se hallaba en su elevacion media, y que á este punto, el único verdaderamente inmoble, debian dirigir la meridiana. Este punto importante fue llamado *polo* (palabra griega que quiere decir *volver*), y tambien *norte*. Para conocer su situacion sirve la observacion de una estrella la mas próxîma al polo, la que por esta razon tuvo el nombre de *estrella polar*. Entónces se pudiéron rectificar las primeras meridianas que se habian dirigido groseramente á las estrellas cercanas al polo, mirándolas como inmobles, dirigiéndose en adelante no ya hácia aquellas estrellas cuya situacion variaba, sino á aquel punto al rededor del qual giraban todas, y que sensiblemente no distaba de la estrella polar (1).

5 Es muy fácil distinguir en el cielo la *estrella polar*, y deben dedicarse á conocerla desde luego los principiantes. Qualquiera hombre que

(1). Maupertuis *Elements de Geografie.*

nunca haya hecho observaciones astronómicas, si tiene la paciencia de exâminar en una noche diferentes estrellas, observando su altura y posicion con referencia á algun campanario, montaña ú otro objeto notable, advertirá que hay una bastante hermosa que conserva la misma situacion con insensible diferencia toda la noche, y esta es la polar. Si de este modo no acertase á reconocerla, podrá valerse de otro medio mas breve y muy seguro. Es muy conocida aquella constelacion ó grupo de estrellas compuesta de siete principales que el vulgo llama *carro*, porque efectivamente se parece algo á un carro, y los astrónomos *osa mayor*. De sus siete estrellas, quatro forman un quadrilátero casi rectángulo, y las otras se siguen en línea recta como manifiesta la figura (*fig. 1*). Si se imagina un arco ó línea recta conducida por las dos estrellas $\alpha$ y $\beta$, su prolongacion hácia la parte de la estrella $\alpha$ pasará muy cerca de la polar, que está con corta diferencia tan distante de la $\alpha$ como esta de la $\eta$ de la osa mayor. Los romanos, como creian ver en la osa mayor la figura de un carro, y llamaban *teriones* á los bueyes que tiran del carro, *quia aratione terram terunt*, porque quando aran trillan la tierra; diéron el nombre de *septentrio* á las siete estrellas principales de esta constelacion, y nosotros actualmente llamamos á veces septentrion al punto del cielo hácia donde se hallan. La *osa mayor* se distingue de la *osa menor*, otra constelacion que tiene la misma figura que ella, y que le es paralela aunque en situacion trastornada. La estrella polar forma el extremo de la cola de la osa menor. Solemos tambien llamar *boreal* al polo que indica el norte, y otras

veces *ártico*, adoptando el modo de hablar de los griegos que daban el nombre de *arctos* á las estrellas circumpolares.

6 No hubo en muchos siglos otro medio para conocer el norte, que la observacion de la estrella polar. Efectivamente es el mas seguro, pero no siempre practicable. Así, con este solo auxîlio no salvaban los hombres el terrible inconveniente de quedarse sin guia quando la atmósfera cubierta, en tiempo de lluvia ó tempestades, impedia la vista de los astros. Nunca se hubieran surcado los mares con cierta confianza, y nunca se hubieran emprendido las dilatadas y peligrosas navegaciones que nos han llevado á los extremos del globo terráqueo, si la prodigiosa propiedad del iman de dirigirse hácia el norte no hubiera asegurado á los hombres, en qualquier estacion y circunstancias, el conocimiento de este punto en el cielo. Aquí no es lugar de describir todas las propiedades del iman, que se comprehenden baxo el nombre genérico de *magnetismo*, ni de exâminar las hipótesis que se han imaginado con mas ó ménos ingenio para descifrar este enigma, todavía misterioso de la naturaleza. A la física tocan de propósito tales discusiones. Me contentaré con decir que el iman es una piedra que se halla en casi todas las minas de hierro y cobre, ó en sus proxîmidades, y es ordinariamente del mismo peso que aquel metal, ó á corta diferencia, dura y obscura, ó del mismo color que el fierro, aunque algunas veces es blanquecina, azul ó negra, y recibe la impresion de la uña; que por una propiedad constante puesta en libertad, y sin que haya en las inmediaciones cosa que embarace su movimiento, se dispone siempre de

modo que una parte de ella mira al norte, y
al punto opuesto: que esta admirable propie
la comunica á todas las materias de su es
frotándolas con el iman, y que modernar
los sabios físicos han descubierto medios d
á unas barritas de acero, aun sin el toque
piedra, una fuerza magnética extraordinaria
muy comunes estas barras magnéticas, y se
fieren como superiores al iman natural, lla
dose *imánes artificiales* los que han adquiri
propiedades magnéticas por este ú otro cam

7 No admite duda que los antiguos co
ron en el iman otra propiedad que tiene
la de atraer al hierro, y aun tal vez la de
zarlo quando estando imanado se le presen
el polo del mismo nombre, ó por el extrem
se dirige al mismo punto de la meridiana. E
mas bello y útil descubrimiento magnético, la pro-
piedad de dirigirse constantemente á los polos del
mundo, no se halló hasta los siglos medios, por
mas que algunos autores, amigos de dar á todos
los grandes descubrimientos un orígen antiguo,
pretenden fue conocida desde las edades mas re-
motas. Aunque sea difícil establecer la precisa
época de este descubrimiento, se puede desde
luego asegurar no haberse debido, como por lo
comun aseguran los historiadores, al italiano Flavio
Gioya, natural de Amalfi, en el siglo XIV de
nuestra era, pues en el XIII era ya muy general
entre los navegantes el uso de la brúxula, instrumen-
to que, como luego diré, está fundado en la pro-
piedad directiva del iman. Nuestras leyes de la
Partida, escritas en aquel tiempo, lo apoyan y
comprueban en términos expresos; pero ó fuese
el poderío de la costumbre, ó la poca confianza

a guia nueva, los pilotos no abandonáron
stas ó se enmaráron á muy poca distancia
is. Así lo prueba sobre todo la derrota de
'etencour quando fue desde la Rochela á
iista de las Canarias, cuyas islas miraban
ieros como tierras incógnitas, adonde los
á morir obscura y miserablemente; y
en lo prueban las navegaciones medrosas
le los descubridores portugueses á prin-
nitad del siglo xv. Poco á poco se des-
n los vanos temores, y empezáron los
s á enmararse con espíritu, fiados en la
como lo manifiestan el descubrimiento
á las islas Azores en el mismo siglo xv,
todo la atrevida y feliz navegacion de
ines del mismo.

*brúxula*, que á veces se llama *aguja náutica* porque su uso mas comun es en mar, bien que de no corta utilidad en tierra, consiste principalmente en una planchuela imanada dispuesta á propósito para indicar la direccion de la meridiana. A la planchuela, que deberá ser con preferencia, simple y recta, y de acero templado, y bruñirse con la perfeccion posible, se dan las virtudes magnéticas con el toque de un iman natural ó artificial por los métodos que prescriben los físicos y con las precauciones de que hacen uso para asegurarse de la virtud de las ya imanadas; estas, si han de servir en la brúxula, deben suspenderse de modo que quedando libres, no sufran oposicion en la fuerza directiva para mantenerse en la meridiana, ó volver á ella quando se hayan desviado. La suspension, comunmente adoptada, consiste en una punta ó *estilo* de acero fixado verticalmente, sobre el qual queda en

equilibrio la planchuela, á la que para este fin se abre un taladro, cuyo diámetro no exceda la mitad de su ancho, y en él se introduce una especie de cono que se llama *chapitel*, construido de un cuerpo lo mas duro que sea posible, como vidrio ó ágata, y que admita un pulido bastante perfecto. El chapitel que se engasta en laton, y se une por un tornillo á la planchuela, debe ser un sólido de revolucion de forma cónica, hueco tanto interior como exteriormente, para que el punto de suspension sobre el estilo sea siempre el mismo, y corresponda al vértice del conoide, y para que en todos movimientos y posiciones se halle el conjunto bien equilibrado. La punta del estilo se proporciona al chapitel á fin de que este quede bien sentado sobre aquel por su vértice interior, y por la menor superficie dable. Así un estilo, como la punta de una aguja algo servida, es excelente para el uso que tiene en la brúxula.

9 La suspension de la planchuela la hace movible; pero si es en exceso puede ser una desventaja, sobre todo en la mar, pues quanto mas movible sea, se aumenta el número de sus oscilaciones ántes de pararse en la meridiana magnética. Para evitarlo suelen encolarse perpendicularmente debaxo de la rosa que se une á veces á la planchuela, y de que luego hablaré, diversas alitas de papel, y estas, sin cargarla, oponen al ayre una resistencia que disminuye mucho las oscilaciones. Para mantener el estilo vertical en las agujas que se destinan á observar en tierra, basta fixarle perpendicularmente en un plano, como una tabla, que pueda en todo tiempo hacerse horizontal por un nivel ú otro medio, tal como está

dispuesto en la agujita de Jorge Adams, que sirve en mi Cátedra, y cuyo diseño acompaña (*fig.* 21); pero en las de mar es necesario ademas algun artificio para que este plano quede siempre en la misma posicion á pesar de los movimientos irregulares y variados de la nave. Con este fin, el estilo de la aguja se fixa en la oquedad de la caxa llamada *mortero*, la que se suspende dentro de otra caxa en que queda libre para conservar su posicion por medio de dos círculos concéntricos ó quadrados que giran sobre exes encontrados, ó por otros medios que los artistas han pensado con resultados mas ó ménos felices. Sea A B C D el mortero (*fig.* 2), el que por medio de dos cilindros E F que penetran el círculo E G F H, puede girar libremente sobre E F como exe; la figura manifiesta que este mismo círculo puede tambien girar al rededor del diámetro G H perpendicular á E F por medio de los dos cilindros G H entrantes en la caxa exterior, de modo que el mortero puede disponerse segun conviene, rotando al mismo tiempo sobre E F y sobre G H.

10 Es bueno que el estilo se estornille al fondo del mortero, y que pueda quitarse y ponerse quando se quiera, para exâminar y componer la punta. El mortero suele ser de metal para que la aguja quede mas sólida, y á su fondo suele añadirse un peso considerable, que disminuya la movilidad, y le dé mas disposicion para conservar la situacion que se requiere. Generalmente en todas las piezas de metal que componen la aguja, se exâmina si contienen partículas ferruginosas para no hacer uso de ellas. Con el fin de resguardar la planchuela de las impresiones del ayre, la

parte superior del mortero se cubre con un cristal ó vidrio, con tal que esté libre de las irregularidades que impiden ver los objetos en su verdadera posicion, y que reflexando irregularmente los rayos de luz, ofuscan la vista de quien mira.

11 Se ha advertido en las planchuelas imanadas un fenómeno que se llama *inclinacion*, y consiste en que una planchuela, que ántes de imanarse se mantenia perfectamente en equilibrio, ó cuyo plano quedaba bien paralelo al horizonte sobre un estilo ó exe, luego que está imanada pierde el nivel, y se inclina en nuestro emisferio hácia el polo boreal, y hácia el punto opuesto en el emisferio austral del globo. Quando las agujas no se destinan á observar los efectos de esta inclinacion, que es tanto mayor quanto mas cerca se está de los polos, y cuyas irregulares variaciones han dado copiosa materia al exámen de los físicos mas sagaces, se destruyen los efectos de ella limando un poco la parte preponderante, poniendo algo de lacre á la opuesta, ó, lo que es mejor, ciñendo la planchuela con un anillito de metal que pueda correr hasta el parage que convenga para que quede nivelada. — Mr. D' Aprés halló por muchas experiencias que la accion recíproca de dos planchuelas se extiende hasta la distancia de catorce pies; por eso si se hallan dos observadores con dos agujas, deberán situarse á bastante distancia uno de otro; debe igualmente cuidarse que el parage donde se sitúa la aguja esté léjos de todo fierro ó cuerpo ferruginoso que la llame á sí, y la distraiga de su direccion al norte, sin que baste para evitar las alteraciones de la planchuela el interponer cuerpos entre el fierro y la aguja, porque el iman actúa al traves de todos

los cuerpos, á excepcion del mismo iman y del fierro, aun sin diminucion sensible de su efecto.

12 Con el descubrimiento de la propiedad directiva del iman, y la construccion, hoy muy perfeccionada, de brúxulas magnéticas, parece que se tenia ya un medio seguro y constante de averiguar nuestra situacion respecto al norte, con solo mirar un viagero ó un navegante las indicaciones de este instrumento sencillo. Pero quando se quiso sacar de él gran partido en largas navegaciones, se advirtió en la planchuela un fenómeno que quitó desde luego la seguridad absoluta, y para cuya correccion han servido despues útilmente las luces de la astronomía. Este fenómeno, de grande importancia en la geografía y náutica, se conoce con el nombre de *declinacion* (1), y se reduce á que del mismo modo que los imanes naturales, qualquier iman artificial puesto en libertad, como la planchuela de la aguja, generalmente se aparta de la verdadera línea meridiana; y la cantidad de esta variacion, aunque bastante conforme en todas las agujas bien construidas, es, como la inclinacion, diferente en las varias regiones del globo, y solo nula en lugares particulares; con el tiempo tambien se altera en el mismo parage, y aun en el término del mismo dia la declinacion experimenta ciertas vicisitudes cortas que probablemente proceden de una causa idéntica, modificada por el influxo de la planchuela y de las estaciones. Son ménos irregulares en mar que en tierra las alteraciones de la

(1) Suelen confundirse la *declinacion* y la *variacion* de la brúxula. Sin embargo, estas dos expresiones no significan lo mismo: *variacion* indica la cantidad en que *varía la declinacion* cada año en un mismo parage ó lugar.

aguja, sin duda porque aquí las causas locales tienen mayor influxo. En ciertos parages del globo reside alguna causa oculta que altera, suspende ó destruye el magnetismo de las planchuelas, de lo que ofrece exemplos muy singulares la historia de la navegacion. El metéoro conocido con el nombre de *aurora boreal* (1), y la electricidad no solo de la atmósfera, sino aun del mismo vidrio que cubre el mortero, las agita tambien y altera sobre manera, por lo que es precaucion importante no exponerlas mucho tiempo á los rayos del sol ó al viento.

13 Mucho han meditado los sabios físicos para atinar con la ley que sigue la variacion, y despues de las inútiles, pero laudables tentativas de los marinos españoles de fines del siglo XVI y XVII, merecen distinguirse particularmente los trabajos de Halley, Dodson, Euler y Buffon entre los extrangeros. Pero todas las teorías, proyectos ó hipótesis que podrán conducir con el tiempo á descubrimientos importantes, y que siempre hacen honor á sus autores, no han sido suficientes para atinar hasta ahora con la ley de las variaciones; y á la verdad, comparando todos los elementos podria creerse que no la hay constante. Siendo pues inútil la aguja si no se conoce la cantidad de su desvio de la meridiana, y siendo por otra parte imposible asignar la declinacion que convendrá siempre á un lugar y tiem-

(1) La *aurora boreal* es un metéoro luminoso, cuya causa no está aun bien conocida en medio de las teorías de Mairan y Lives, que aparece en las regiones próximas al polo todas las noches durante su largo invierno si el cielo está sereno; y por eso se menciona tanto en las sublimes poesías de Ossian. Alguna vez ha aparecido tambien en los paises meridionales de Europa.

po determinado, es preciso para servirse útilmente de tan precioso instrumento, averiguarla de tiempo en tiempo, lo qual es mas urgente navegando ó viajando, porque entónces se acumulan las dos desigualdades de tiempo y lugar, y repetir las observaciones para corregirla con precaucion y cuidado. En las lecciones siguientes se hablará de los medios que enseña la astronomía, á fin de hacer con exâctitud estas correcciones, y de adquirir cabal conocimiento de la cantidad que la aguja se aparta de la línea meridiana, en qualquier instante que nos importe saberlo. Por ahora concluiré advirtiendo que la declinacion es ya hácia uno, ya hácia otro lado de la meridiana, y que se distingue llamándola *variacion oriental* ó *nord-este* quando el polo boreal magnético cae á la derecha del verdadero norte, y *occidental* ó *nor-oeste* quando cae á la izquierda.

14 Aunque los extrangeros atribuyen el descubrimiento del fenómeno de la declinacion á Sebastian Caboto en 1497, es cierto que quien primero la observó fue Cristóbal Colon en su primer viage al nuevo mundo, año de 1492, despues de haber perdido de vista las Canarias. Así lo dice formalmente Herrera en sus *Decadas de Indias*. Excitó esta observacion tal novedad y sorpresa, que la gente se conmovió creyendo que no dirigiéndose la aguja al norte serian todos víctimas de la tenacidad y ambicion que sinietramente achacaban al Almirante.

## LECCION II.

*Horizonte. Zenith y Nadir. Rosa de los treinta y dos vientos con su aplicacion á la brúxula. Verticales. Círculos de Almicantarath. Equador. Meridiano. Amplitud, Azimut y Declinacion de los astros.*

15 Antes que la astronomía nos enseñe nuestra verdadera posicion en el espacio y el órden de movimientos de los cuerpos celestes, se cree que la tierra está metida dentro de un globo inmenso que se llama *cielo*, en el qual se hallan fixas las estrellas, siempre á la misma distancia unas de otras, y baxo del mismo, el sol, la luna y los planetas giran en rededor de ella en veinte y quatro horas: tal es la idea que nos formamos quando sin principios ni enseñanza nos ponemos á observar en una noche ó en un dia, y ocupamos un sitio alto y despejado. Aquel ámbito celeste que reparamos entónces al rededor de nosotros, y que limita la vista por todos lados, terminando en la superficie de la tierra, se llama *horizonte* ó *terminador*, círculo que separa la parte visible del cielo de la invisible; pues los astros no se nos dexan ver hasta que se asoman por él, y entónces se dice que *nacen*, y que se *ponen* quando se esconden debaxo. Se distinguen el *horizonte sensible*, y el *racional* ó *matemático*.

16 Sea T la tierra en forma de una esfera ó bola (porque los hombres, como veremos luego, tardáron poco tiempo á darla esta figura) (*fig. 3*); A y B dos puntos opuestos de su superficie. Si

por estos dos puntos se conciben dos planos tangentes á la superficie terrestre, los quales serán paralelos entre sí, y se les supone prolongados por todas partes hasta que encuentren al cielo, y formen en él las secciones circulares H O Z R, H′ O′ Z′ R′; entónces H O Z R será el horizonte sensible del lugar A; y H′ O′ Z′ R′ del lugar B, cuya situacion en la tierra es enteramente opuesta á la de A. Es pues el *horizonte sensible* un círculo tangente de la superficie de la tierra; y no puede dudarse que separa la parte visible del cielo de la invisible, porque un observador puesto en A no puede ver mas que lo que está encima del plano H O Z R, estorbándole la superficie de la tierra ver lo que está debaxo. Lo contrario sucede al observador en B, que no puede ver sino lo que con respecto á su situacion está encima del plano H′ O′ Z′ R′. La figura manifiesta que entre estos dos horizontes hay un espacio ó zona que no pueden ver ni el observador en A ni el que está en B, lo que sucede siempre que el ojo se suponga en la superficie; pero el diámetro A B de la tierra es tan pequeño en comparacion de la distancia de este cuerpo al cielo ó á las estrellas, que el arco H H′, comprehendido entre los dos horizontes, puede pasar por insensible casi siempre, y siempre por de muy poca monta (1), y pueden sin error tomar-

(1) Se puede concebir fácilmente que la tierra es un punto respecto á las estrellas, cuya distancia de nosotros es inmensa, observando lo que pasa hallándonos al extremo de una calle muy larga de árboles; pues entónces los dos lados insensiblemente se aproximan de suerte que desapareciendo la distancia de los dos últimos árboles, nos parecen el uno y el otro en la misma posicion, bien los miremos á lo largo de la línea que está á la derecha, bien á lo largo de la que está á la izquierda.

se uno por otro, y ámbos por uno solo que pase por el centro T, y este es el que llamamos *horizonte racional*, el qual por consiguiente es un plano que pasa por el centro de la tierra, paralelo al horizonte sensible que toca la superficie de la misma en el punto donde se supone el ojo; y como divide en dos partes iguales la masa terrestre, y la bóveda celeste en que esta se supone encaxonada, se llama con propiedad *círculo máximo* de la *esfera*.

17 Si por el centro T de la tierra se imagina una recta L K perpendicular al horizonte racional, y por consiguiente al sensible, los puntos L y K, donde esta recta prolongada encuentra á la esfera celeste, se llaman *polos del horizonte*; el que está encima de la cabeza del observador tiene el nombre particular de *zenith*, y de *nadir el* que está baxo sus pies; así K es el zenith de un observador situado en A, y L su nadir: estos mismis puntos tendrán la denominacion contraria para el observador en B. La línea que se supone ir del zenith al nadir se llama *exe del horizonte*, y tambien *línea de aplomo* por ser la que sigue el plomo y todos los cuerpos con su gravedad natural; y una superficie de aguas estancadas de corta extension, determina en la tierra la posicion de la línea horizontal que siempre forma ángulo recto con la vertical ó de á plomo. Como el zenith es el punto mas alto del cielo, está á 90° de todos los del horizonte; por consiguiente quando un astro está 60° mas arriba del horizonte, dista 30° del zenith, pues 60 + 30° = 90. Podremos pues decir que la *altura de un astro es el complemento de su distancia al zenith*. Si nos figuramos un círculo que dé la vuelta al cielo pa-

sando por el zenith y nadir, habrá 180°, ó un semicírculo de un lado, y otro tanto del otro, y al círculo llamamos *vertical.*

18 Podemos pues difinir á *los verticales* unos círculos máxîmos de la esfera que pasan por el zenith y nadir de qualquier punto de la tierra, y por consiguiente son perpendiculares al horizonte, y tantos como puntos tiene este círculo. Sirven los *verticales* para determinar la *altura* de los astros, y de qualesquiera puntos del cielo sobre el horizonte, la que no es otra cosa sino el arco del vertical que pasa por el centro de un astro, ó por un punto qualquiera del cielo, comprehendido entre este y dicho horizonte, y expresado en grados, minutos &c. que se empiezan á contar en el horizonte mismo, sobre el qual señalan tambien el punto á que el astro corresponde. Si se conciben despues unos círculos mínimos perpendiculares á distintos puntos de los verticales, y paralelos al horizonte, se tendrá una idea de los que llaman los astrónomos *almicantarath*; los que van siendo tanto menores quanto mas se acercan al zenith y nadir, y sirven así como los verticales, para determinar la altura de los astros y de qualquiera punto del cielo; porque todos los que se hallan en un mismo almicantarath estan igualmente elevados sobre el terminador, y por esta razon se llaman tambien *círculos de altura.* En la fig. 6, donde H O hace de horizonte, Z y n de zenith y nadir, el círculo representado por las letras Z A n expresa un vertical, y L V un almicantarath. La figura esférica de la tierra hace que en el instante que un observador se mueva, mude de horizonte, de zenith y de nadir, dexe de ver ciertas partes del cielo, y descubra

otras nuevas, ó vea las mismas en distinta situacion; si pasa, por exemplo, de A á B (*fig. 4*), caminando directamente de norte á mediodia, ó siguiendo la meridiana, el radio visual horizontal, que era H O se convertirá en I R, de suerte que un astro H situado ántes en el extremo de este radio prolongado hasta el cielo, se verá elevado sobre el otro radio horizontal R I del lugar B un ángulo H C R precisamente igual al que forman los radios B C y A C tirados al centro de la tierra. En efecto, siendo los ángulos A C H, B C R rectos, como formados por las líneas horizontal y vertical, recíprocamente perpendiculares: si se resta el ángulo comun H C B, los ángulos restantes H C R y B C A serán iguales.

19 El horizonte se divide por dos líneas que señalan los quatro puntos cardinales del *norte*, *sur*, *oriente* y *occidente*, los que se distinguen facilísimamente en conociendo el polo ártico del mundo: el *sur* es el lado opuesto al norte, aquel hácia el qual los europeos vemos el sol á la mitad del dia; el *oriente*, levante ó *este*, y el *poniente*, occidente ú *oeste* distan 90° de los puntos de N y S: una línea dirigida del uno al otro es perpendicular á la meridiana: el oriente cae á la derecha si se mira al norte, y el occidente á la izquierda. Quando los primeros hombres que se dedicáron á hacer observaciones astronómicas, y que suponemos situados en la parte septentrional de la tierra, conociéron el polo boreal del mundo, fácilmente se figurarian que al lado opuesto al norte, y en la parte de la bóveda celeste escondida baxo la superficie terrestre que habitaban, habia otro polo que llamáron *austral*, *me-*

*ridional* ó *antártico* (1); para cuyo conocimiento sirven á los que navegan ó viajan en el emisferio austral quatro estrellas que estan bastante próximas, y llaman *la cruzada*, y tambien la brúxula, que dirigiéndose al norte, indica por el extremo opuesto el punto del *sur* ó *polo antártico*, con una diferencia igual en sentido contrario á su declinacion al *nordeste* ó *noroeste*. Una línea recta que se conciba ir desde el un polo al otro se llama *exe del mundo*, porque parece que el mundo, ó el cielo con los cuerpos que le pueblan, á manera de un exe sobre su rueda, da la vuelta al rededor de ella en el discurso de un dia.

20 Despues de dividido el horizonte en quatro partes iguales por los puntos cardinales, se subdivide cada quarto en otras dos partes tambien iguales, y el radio que sale de cada una de estas nuevas divisiones al centro, toma un nombre compuesto de los dos puntos cardinales entre los quales se halla, y se nombra primero, el que pertenece á la línea *norte-sur*. Así, para nombrar el punto medio entre el *sur* y el *este* se dirá *sud-este* y no *este-sur*; del mismo modo se llamará *noroeste* el medio entre el *norte* y *oeste*. Cada una de estas octavas partes del círculo horizontal se divide luego en otras dos iguales, y se da á los puntos de division un nombre compuesto de los dos entre quienes se halla, nombrándose siempre primero el de los quatro puntos cardinales á que está mas próximo. Así el medio entre el *este* y

(1) Llámase el polo *antártico*, *austral* porque á nosotros, habitantes de las regiones septentrionales, nos viene de allí el viento del mediodia, llamado antiguamente *auster*, así como el viento frio ó del norte, cuyo nombre antiguo era *boreas*, nos viene del polo ártico ó boreal.

*nord-este* se llamará *este-nord-este*, y el punto que media entre el norte y *nor-oeste*, *nor-nor-oeste*. Finalmente, para tener las treinta y dos divisiones que suelen considerarse en el horizonte, se subdividen estas últimas cada una en otras dos partes, y para formar sus nombres se toman de dos de los ocho primeros puntos entre quienes caen, poniendo siempre el primero á aquel á que estan mas próximas, pero separando los dos nombres con el vocablo *quarta*; por exemplo, para nombrar el punto del horizonte medio entre el norte y el nor-nord-este, se dirá *norte quarta al nord-este*, porque está cerca del norte, pero adelantado hácia el *nord-este*, la quarta parte de la distancia del norte al nord-este, y se escribe N. ¼ N. E.; para nombrar el punto medio entre el nord-este y nor-nord-este se escribirá N. E. ¼ N. &c.: todo esto se entenderá perfectamente echando la vista sobre la figura 5, en que la circunferencia del círculo, cuyo centro es C, y que representa el horizonte, está dividida en las treinta y dos partes que suelen llamarse *ayres* ó *vientos*, porque los vientos que soplan sobre la superficie de la tierra, toman su nombre de aquella de las treinta y dos regiones ó plagas del horizonte por donde vienen. De los quatro quadrantes ó divisiones primarias, el quadrante comprehendido entre el extremo que mira al norte y el del otro semidiámetro que cae al oriente ó á la derecha del observador que se halla al sur, se llama *primero*, y sucesivamente *segundo* y *tercero* hasta el *quarto*, que es el terminado por los extremos de norte y occidente.

21 Estas treinta y dos secciones del horizonte se aplican tambien á las brúxulas, bien ponien-

do en ellas un limbo dividido en treinta y dos partes, y en 360°, sobre el qual la planchuela señale la direccion que toma, como sucede en las destinadas á observar en tierra, bien marcando los vientos en la *rosa* que se substituye al limbo dividido en las agujas de mar. Es la *rosa* un círculo de carton ó talco puesto sobre la planchuela, y atravesado por el chapitel, cuyo fondo queda superior al plano de la rosa para contribuir á su estabilidad, y con el centro de esta coincide el centro del movimiento en el exe del estilo. Al márgen de la rosa se apliça algunas veces un círculo delgado de metal de tres ó quatro líneas de ancho, dividido en grados y partes de grado: su circunferencia, que representa la del horizonte á que es concéntrico, se divide primero en los quatro quadrantes por dos diámetros, de los quales el uno coincide con el exe magnético de la planchuela, y por otros siete diámetros intermedios se divide en las treinta y dos partes dichas. Los quadrantes constan por consiguiente de 90° cada uno, y se llaman *vientos primarios*: el cero ó principio de la graduacion se pone en los puntos norte y sur, y el fin ó los 90° en los del este y oeste; y para distinguir á primera vista todos los puntos de la rosa, se pinta en el del norte una flor de lis. Aunque en general todas las treinta y dos divisiones del horizonte se llaman *rumbos*, sin embargo, las ocho primeras, que valen cada una 45°, son las que se llaman propiamente *rumbos de la navegacion*; las otras ocho *medios rumbos*, quedando con ellas cortada la rosa en partes de 22°½ cada una; y finalmente, con las otras diez y seis, que se llaamn *quartas*, los espacios entre una y otra seccion resultan de 11° 15′, pues 11°

$15' \times 32 = 360° =$ circunferencia del círculo. Así quando en un camino se ha seguido, por exemplo, el *nord-este ¼ al este*, como esta *quarta* de rumbo es el quinto punto despues del *norte*, el ángulo que hacen entre sí se compone de $5 \times 11° 15' = 56° 15'$. De la misma manera se sacarán todos los demas ángulos; pero se debe siempre advertir si se toman al *este* ó al *oeste* de la línea meridiana. Quando el rumbo corrido está mas cerca del *sur* que del *norte*, comenzando la cuenta desde el *sud* se evitan los ángulos obtusos que daria la reduccion precedente; por exemplo, el *sud-oeste ¼ al oeste*, que es el tercer rumbo, saliendo del *sud* para el *oeste* corresponde á un ángulo de $11° 15' \times 3 = 33° 45'$ del *sud* al *oeste*.

» Aunque sea muy fácil, dice Lacroix, valuar en » grados el ángulo comprehendido entre el norte » y qualquier rumbo de viento, hubiera sido aun » mas cómodo contentarse con los quatro puntos » cardinales, é indicar por los grados del círculo » las divisiones intermedias. Así se ha comenzado » á hacer despues que introducida mayor preci- » sion en las operaciones del pilotage, se ha visto » que no bastaba la indicacion del rumbo, sino » que se debia tambien tener cuenta con los gra- » dos comprehendidos entre dos rumbos consecu- » tivos. En general las divisiones de qualquiera es- » pecie de medidas indican siempre el estado del » arte ó de la ciencia en la época en que se esta- » bleciéron; y los primeros marinos que se sirvié- » ron de la brúxula, creyéron sin duda haber he- » cho mucho dividiendo el círculo en treinta y » dos partes; escogiéron verosímilmente esta di- » vision, porque pudiendo efectuarse sin andar á » tientas por medio de las primeras operaciones

» de la geometría elemental, era fácil trazarla so-
» bre las brúxulas y cartas que los mismos pilo-
» tos construyan en aquellos tiempos, y llamá-
» ron *rosa* de los vientos al conjunto de estas di-
» visiones, cada una de las quales se denota con
» el nombre de *punto* del *compas*, porque estan
» marcadas con puntos, y porque la brúxula se
» llama tambien *compas de mar*."

22 En el manejo y lectura de viages náuticos, y en ocasion de formar una descripcion geográfica, es necesario tener muy presente el órden, nombres y valores de estos treinta y dos rumbos ó partes de rumbo que generalmente se escriben, como yo lo haré en adelante, solo con las letras iniciales del modo indicado en la primera de las dos líneas de la lista siguiente: la segunda manifiesta la nomenclatura particular de estas divisiones del horizonte, adoptada desde antiguo en las costas y navegacion del mar *Mediterráneo*.

## PRIMER QUADRANTE.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0.. N..... | Norte..... | 00. | 00. |
| | *Tramontana.* | | |
| 1.° N¼NE. | Norte ¼ al Nord-Este. | 11. | 15. |
| | *Quarta di tramontana greco.* | | |
| 2.° NNE... | Nord-Nord-Este..... | 22. | 30. |
| | *Tramontana greco.* | | |
| 3.° NE¼N.. | Nord-Este ¼ al Norte. | 33. | 45. |
| | *Quarta di greco tramontana.* | | |
| 4.° NE..... | Nord-Este..... | 45. | 00. |
| | *Greco.* | | |
| 5.° NE¼E.. | Nord-Este ¼ al Este.. | 56. | 15. |
| | *Quarta di greco levante.* | | |
| 6.° ENE.... | Es-Nord-Este..... | 67. | 30. |
| | *Greco levante.* | | |

7.° E¼NE.. Este ¼ al Nord-Este.. 78. 45.
*Quarta di levante greco.*
8.° E..... Este..... 90. 00.
*Levante.*

## SEGUNDO QUADRANTE.

0.. S..... Sur..... 00. 00.
*Ostro.*
1.° S¼SE.... Sur ¼ al Su-Este..... 11. 15.
*Quarta dell' ostro sirocco.*
2.° SSE..... Sur-Su-Este..... 22. 30.
*Ostro sirocco.*
3.° SE¼S.... Su-Este ¼ al Sur..... 33. 45.
*Quarta di sirocco ostro.*
4.° SE..... Su-Este..... 45. 00.
*Sirocco.*
5.° SE¼E... Su-Este ¼ al Este..... 56. 15.
*Quarta di sirocco levante.*
6.° ESE..... Es-Su-Este..... 61. 30.
*Levante sirocco.*
7.° E¼SE.... Este ¼ al Su-Este..... 78. 45.
*Quarta di levante sirocco.*
8.° E..... Este..... 90. 00
*Levante.*

## TERCER QUADRANTE.

0.. S..... Sur..... 00. 00.
*Ostro.*
1.° S¼SO.... Sur al Sud-Oeste.... 11. 15.
*Quarta dell' ostro garbino.*
2.° SSO..... Sur-Sud-Oeste..... 22. 30.
*Ostro garbino.*
3.° SO S... Sud-Oeste ¼ al Sur... 33. 45.
*Quarta di garbino ostro.*

4.° SO..... Sud-Oeste..... 45. 00.
*Garbino.*
5.° SO¼O... Sud-Oeste ¼ al Oeste. 56. 15.
*Quarta di garbino ponente.*
6.° OSO.... Oes-Sud-Oeste..... 67. 30.
*Ponente garbino.*
7.° O¼SO... Oeste ¼ al Sud-Oeste. 78. 45.
*Quarta di ponente garbino.*
8.° O..... Oeste..... 90. 00.
*Ponente.*

## QUARTO QUADRANTE.

0.. N..... Norte..... 00. 00.
*Tramontana.*
1.° N¼NO. Norte ¼ al Nor-Oeste. 11. 15.
*Quarta di tramontana maestro.*
2.° NNO.. Nor-Nor-Oeste..... 22. 30.
*Tramontana maestro.*
3.° NO¼N. Nor-Oeste ¼ al Norte. 33. 45.
*Quarta di maestro tramontana.*
4.° NO..... Nor-Oeste..... 45. 00.
*Maestro.*
5.° NO¼O.. Nor-Oeste ¼ al Oeste. 56. 15.
*Quarta di maestro ponente.*
6.° ONO... Oes-Nor-Oeste..... 67. 30.
*Ponente maestro.*
7.° O¼NO.. Oeste ¼ al Nor-Oeste. 78. 45.
*Quarta di ponente maestro.*
8.° O..... Oeste..... 90. 00.
*Ponente.*

23 Los antiguos que sin conocimiento de la brúxula se dirigian en sus navegaciones solamente por las estrellas circumpolares, no habian dividido la circunferencia del horizonte mas que en un

corto número de partes, cuyos nombres tomáron frequëntemente de las circunstancias locales de los puntos por donde venian los vientos. Al principio solo pusiéron los griegos denominaciones á los quatro puntos cardinales, llamando *Eurus* al E, *Zephyrus* al O, *Boreas* al N, y *Notus* al S; pero despues añadiéron otros quatro correspondientes á los puntos del horizonte por donde el sol nace ó se pone en el principio del verano y del invierno, puntos que se llaman *oriente y occidente de invierno y estío*, y que, como veremos, son los mas próximos á los polos. Seneca en sus *qüestiones naturales* nos ha transmitido la rosa de los griegos en los términos siguientes (*figura 22*).

| *Nombres griegos.* | *Correspondencia al horizonte.* |
|---|---|
| *Subsolanus ó Apeliotes.* | Este. |
| Vulturnus Eurus..... | Punto del nacimiento del sol en invierno. |
| Euronotus..... | Entre este punto y el sur. |
| *Auster, Notus*..... | Sur. |
| Libo notus..... | Entre el S y el punto del ocaso del sol en invierno. |
| Africus Libs..... | Punto del ocaso de invierno. |
| *Favonius, Zephyrus*.... | Oeste. |
| Corus Argestes..... | Ocaso de estío. |
| Thrascias..... | Entre este punto y el norte. |
| *Septentrio, Aparctias.* | Norte. |
| Aquilo Meses..... | Entre este punto y el oriente de estío. |
| Cecias..... | Oriente de estío. |

24 Aunque de esta tabla resultan doce divisiones, y por consiguiente pareceria corresponder cada una á 30° del horizonte, no sucede así, porque no eran iguales; pues los arcos que señalan en este círculo los puntos donde el sol nace y se pone en invierno y estío, no son constantes, sino, como se deducirá mas adelante, variables por efecto de diferentes causas, y de la misma situacion del lugar donde se observa. Por eso, quizas, no tardó en abandonarse esta determinacion irregular de los puntos colaterales, ó intermediarios á los quatro cardinales; y los romanos, en tiempo de Vitrubio, habian ya substituido otra mar regular, conforme á la qual el horizonte se supone dividido en veinte y quatro partes iguales, cada una de 15°, y los nombres que les señala Vitrubio son los siguientes (*fig. 23*).

| | |
|---|---|
| SOLANUS, viento del este. | AUSTER ó viento del sur. |
| Ornithiæ. | Altanus. |
| Cæcias. | Libonotus. |
| Eurus. | Africus. |
| Vulturnus. | Subvesperus. |
| Euronotus. | Argestes. |
| FAVONIUS, viento del oeste. | SEPTENTRIO, viento del norte. |
| Etesiæ. | Gallicus. |
| Circius. | Supernas. |
| Caurus. | Aquilo. |
| Corus. | Boreas. |
| Thrascias. | Carbas. |

25 Es muy fácil con esta distribucion conocer el ángulo que hace con la meridiana la direccion

de qualquiera de estos vientos que tantas veces se mencionan en los escritores de la buena latinidad, y que tantas veces han confundido en sus traducciones los gramáticos ignorantes de la geografía. Se sabrá, por exemplo, al primer golpe de vista que la direccion del viento llamado *Boreas*, por hallarse el quarto despues del septentrion, hace con la línea N. S. un ángulo que comprehenderá $15° \times 4 = 60°$.

26 Quando se tiene ya idea del exe del mundo y de sus extremos, fácilmente se concibe la rueda ó círculo que está en el medio. Los primeros astrónomos, que se supone fuéron caldeos y egipcios, le llamáron *equador*, y á él referian todos los astros. Sea (*fig. 6*) I P B F V K P un círculo vertical que pase por los polos del mundo, H O el horizonte, P el polo boreal, p el austral que le esta opuesto, P p el exe del mundo; la línea E Q representará el diámetro del *equador*, círculo que pasa á igual distancia de ámbos polos, y cuyo plano es perpendicular al exe, como lo es siempre el plano de una rueda. Si se concibe pues sobre E Q, como diámetro un círculo perpendicular al plano de la figura, cuya mitad esté encima de ella, y la otra mitad debaxo, como en la fig. 7 E F Q G, este círculo es el equador. Su situacion, equidistante de los polos, hace que se pueda decir indiferentemente ó que la esfera con su equador E Q gira al rededor del exe P R, ó que gira al rededor de los polos P R del equador. Divide este círculo al cielo en dos emisferios ó medias esferas, llamándose *septentrional* la que está entre el equador y el polo ártico, y *meridional* la que está entre el mismo círculo y el polo antártico; corta al hori-

zonte siempre á 90° del *norte* y del *sur*, y señala en él los puntos F y G, distinguidos con los nombres de *verdadero oriente y verdadero occidente* de los astros, pues decimos que un astro nace por el *verdadero oriente* quando sale del horizonte por el punto de su interseccion con el equador, ó con la *línea*, que así suelen llamar al equador por antonomasia los marinos. De todos los verticales que cortan perpendicularmente al horizonte, el que le corta en los puntos de *verdadero oriente y occidente* se llama *primer vertical*, como el representado por la línea Z C n (*fig. 6*). Así un astro que se halle en el primer vertical, qualquiera que sea su elevacion sobre el horizonte, está igualmente distante del N. y del S., y por consiguiente corresponde precisamente al E. ó al O.

27 Quando al salir un astro del horizonte nace por algun punto diferente del *verdadero oriente*, ó se pone por otro distinto del *verdadero occidente*, entónces se dice que tiene *amplitud*, la qual no es otra cosa mas que el arco del horizonte comprehendido entre el equador y el centro del astro que nace ó se pone, y se distingue con los nombres de *oriental ú ortiva* al salir el astro, y de *occidental ú occidua* al ponerse. Siempre que el astro sale ó se pone entre el equador y el punto del norte, la amplitud sea ortiva ú occidua, se llama *septentrional*; y *meridional* quando sale ó se pone entre dicho círculo y el punto del sur, el arco C M (*fig. 6*) es la amplitud de un astro en M.

28 Despues que los primeros observadores exâminâron los puntos del horizonte por donde el sol nace ó se pone cada dia, es natural, dice

Lalande, que pensasen en llamar *medio del dia, meridiano ó punto medio del cielo*, al punto donde está, quando habiendo subido á lo mas alto de su carrera, comienza á baxar, es decir, al punto de su mayor elevacion en medio del dia. Observáron tambien que todos los astros que nacen y se ponen estan á su mayor altura en medio del intervalo de su orto á su ocaso, y así dixéron del mismo modo que se hallaban en el meridiano; este punto tiene, sin embargo, diferente elevacion segun la situacion de los diferentes astros, y aun la del sol en esta ó la otra época del año; pues ya le vemos mas alto, ya mas baxo al mediodia. Si se imagina pues un círculo (*fig. 6*) tal como I P B R V p E L I que pasa por el zenith y nadir; y por los polos del mundo, este será el *meridiano*, llamado así porque señala el medio dia quando el sol llega á él. Cada punto de este círculo dista igualmente del horizonte á derecha é izquierda, pues le es perpendicular como uno de los verticales, y forma su plano con el del *primer vertical* un ángulo recto; así el sol y todos los demas astros que se esconden baxo el horizonte una parte del dia, pasan dos veces por el meridiano, una despues de nacer, y otra despues de ponerse, pudiéndose dividir su revolucion diurna en quatro partes iguales: primera, desde su nacimiento hasta su paso superior por el meridiano: segunda, desde el paso por el meridiano hasta el ocaso: tercera, desde su ocaso hasta su paso inferior por el mismo círculo; y quarta, desde este paso, por la parte inferior del meridiano, hasta su nacimiento en el dia siguiente. El círculo del meridiano divide pues á todo el cielo en dos emisferios, de los quales el

uno se llama *oriental*, y el otro *occidental*.

29 El meridiano de un pais situado mas al oriente ó al occidente que Madrid, es distinto del meridiano celeste correspondiente á Madrid, y el observador que camina hácia el oriente ó hácia el occidente, muda de meridiano tanto como se adelante hácia una de ámbas direcciones; porque su meridiano pasa siempre por su nuevo zenith y por los dos polos del mundo. El que va de Madrid á Cádiz muda de meridiano una cantidad = 2° 34′ = situacion de Cádiz al O. de Madrid. No hay mas medio para andar sin mudar de meridiano, que ir directamente hácia el N. ó hácia el S., es decir hácia uno de los polos. Quando un observador, situado en un lugar fixo, habla de meridiano, debe siempre entender el meridiano correspondiente al lugar en que está, el que pasa por su zenith, y que se concibe fixo como el horizonte. Dividiendo el meridiano en dos partes iguales á todos los círculos que los astros describan en rededor de los polos, se sigue que pasa por estos extremos del exe del mundo; que en los polos se reunen y cortan todos los meridianos, pues que de ellos parten, y que son todos perpendiculares al equador, cuyo círculo, que dista constantemente lo mismo de un polo que de otro, corta siempre al meridiano en dos partes iguales.

30 Si un astro ni está en el horizonte ni en el meridiano, se dice que tiene *azimut*. Entendemos por *azimut* el arco del horizonte terminado por el meridiano, y el vertical que pasa por el centro de un astro, sea qual fuere la altura en que se halle, con tal que no sea la *altura meridiana*. Así todos los astros que esten en un

mismo vertical tienen un mismo *azimut*. Por *ángulo azimutal* se entiende el ángulo formado en el zenith por el meridiano, y por el círculo vertical en que se encuentra el astro. En la fig. 6 el azimut del astro situado en A es el arco O M, medida de su ángulo acimutal O Z M. La distancia del centro de un astro, ó de un punto qualquiera del cielo al equador, contada en grados y minutos se llama *declinacion*, y se cuenta desde este círculo hasta el uno y otro de los dos polos, llamándose *boreal* quando el astro ó el punto del cielo se halla en el emisferio del *norte*, y *austral* quando está en el del sur. Para medirla sirve aquel meridiano como P A p (*fig. 6*), que pasando por dichos polos atraviesa el centro del astro ó del punto cuya situacion se quiere averiguar, el que entónces se llama *círculo de declinacion* atendiendo á su oficio. De aquí se infiere: 1° que la máxîma declinacion de un astro es de 90°, y que carecen de ella los que esten en el equador; y 2° que para determinar las declinaciones se han de imaginar en el cielo tantos meridianos como puntos tiene el equador. El arco A S es la declinacion de un astro situado en A.

## LECCION III.

*Medicion de la altura de los astros con el quarto de círculo. Paralelos. Relacion que hay entre la altura de polo, la distancia del polo al zenith y la altura del equador. Método de observar la altura de polo por medio de las estrellas circumpolares. Descripcion y usos del sextante de reflexion.*

31 Como los astros no son visibles hasta que se presentan sobre el horizonte del observador, la primera y mas fundamental averiguacion de la astronomía es determinar la posicion de los cuerpos celestes respecto del horizonte, ó lo que es igual, saber en qualquier instante, de qué número de grados, minutos &c. se compone el arco del vertical comprehendido entre el astro y el horizonte, cuyo arco llamamos *su altura*. Sea O el lugar del observador (*fig. 8*) Z el zenith, y H O R el horizonte. Como el círculo se divide por convenio general y antiguo de los geómetras y astrónomos en 360°, se contarán necesariamente 90° desde Z hasta R, porque Z R es la quarta parte del círculo ó de la circunferencia entera; por manera, que un astro hallándose en Z tendrá 90° de altura, y hallándose en A á igual distancia del horizonte R y del zenith Z tendrá 45. El observador O que quiere medir estas alturas, pone un quarto de círculo B D (dividido en 90 partes, y construido de carton, madera ó metal) verticalmente, por medio de un hilo á plomo, y en este estado observa, aplicando el ojo al centro O, á qué punto C corresponde el as-

tro A; el número de grados comprehendidos entre D y C en su instrumento, será igual á los del arco A R de la esfera celeste que señala la altura del astro A sobre el horizonte. En efecto, si el arco D C es la octava parte de toda la circunferencia, ó la mitad de B D en el instrumento, el arco celeste A R será tambien la mitad de Z R, y por consiguiente uno y otro de 45°; pues no siendo los grados otra cosa mas que partes alicotas, ó porciones de la circunferencia, habrá 90° en el quarto de un círculo grande ó pequeño, así como hay dos mitades, ó quatro quartos en qualquiera objeto mayor ó menor. En esta consideracion se funda la *medida de los ángulos* de que hace continuamente uso la geografía astronómica.

32 Quando los astrónomos emplean el *quarto de círculo* para medir las alturas, todavía le disponen mas cómodamente; dirigen uno de los lados B O (*fig. 9*) hácia el astro A, cuya altura quieren averiguar: en el centro O del instrumento cuelgan libremente un plomo O E D que expresa la línea vertical; entónces el arco E G del quarto de círculo comprehendido entre el plomo y el otro lado O G tendrá tantos grados como el arco A R, altura del astro A sobre el horizonte R O. En efecto, la línea vertical Z O E D hace con el rayo del astro B O A un ángulo, cuya medida, por una parte, es el arco Z A, y por otra el arco B E, que le es semejante é igual en grados; pues los ángulos B O E y Z O A, cuya medida respectiva son estos arcos, tienen el mismo número de grados, por estar opuestos en el vértice O. El arco C A es lo que se llama *distancia al zenith*; y como esta es siempre com-

plemento de la altura (*17*), se sigue que Z A es complemento de A R; pero B E es tambien complemento de E G, componiendo entre ámbos 90°; luego A R es igual á E G, pues ángulos ó arcos, cuyos complementos constan del mismo número de grados, son entre sí iguales. Así E G expresará la altura del astro como A R. En general, siempre que se tomen alturas con un quarto de círculo astronómico, dirigiendo al astro uno de los lados B O, la altura está comprehendida en los grados interceptados entre el plomo ó línea Z O E D, y el otro lado del instrumento E G.

33 Miéntras toda la esfera gira, al parecer, sobre sus dos polos P p, los puntos situados en el equador E Q (*fig. 6*) describen un círculo del mismo grandor que la esfera, es decir, un círculo máxîmo (1) ó concéntrico á ella; pero los mas cercanos al polo, como el punto B, describen círculos I B, cuyo centro X está en el exe P p, tanto mas chicos quanto mas distan del equador. Todos ellos, llamados *paralelos al equador*, ó simplemente *paralelos*, quedan cortados en dos partes iguales por el círculo P L T K V Q P,

(1) Los círculos máxîmos de una esfera se diferencian de los menores en que los planos de los primeros pasan todos por el centro de la esfera, y por consiguiente la cortan en dos porciones iguales, en vez que los segundos, como I B, la cortan en dos segmentos, uno menor, como I P B, y otro mayor, como I L T D K V Q F B. Un círculo máxîmo corta necesariamente á todos los demas círculos máxîmos en dos partes iguales; pues que teniendo un mismo centro, tienen por consiguiente un diámetro comun que se llama la *comun seccion*, y es propiedad de todo diámetro dividir al círculo en dos partes iguales. Al contrario los círculos mínimos estando distantes del centro del globo, pueden no solamente ser cortados en dos porciones desiguales, sino tambien dexar de serlo por un círculo máximo del mismo globo.

porque su centro X, y su polo P, se hallan en el plano del meridiano; de modo, que el astro que describe por su movimiento diurno el paralelo I B, estará tanto tiempo á la derecha como á la izquierda del meridiano, y este círculo partirá igualmente la duracion de su revolucion diurna.

34 Si el paralelo I B que describe el astro está todo entero sobre el horizonte H O, pasará dos veces al dia por el meridiano, primero en B, y doce horas despues en I; su mayor elevacion sobre el horizonte será en el paso superior en B, y su menor altura en su paso inferior en I. Si el paralelo del astro no tiene mas que una corta porcion sobre el horizonte, como t S r, cuya parte t S superior al horizonte es mucho menor que la parte invisible S r, entónces no se verá mas que la menor parte de las veinte y quatro horas. Finalmente, si el paralelo queda todo baxo el horizonte, como i b, el astro será siempre invisible.

35 Por medio de aquellos paralelos que estan enteramente sobre el horizonte, y en consideracion á que los astros circumpolares que los describen nunca faltan de nuestro emisferio visible, y pasan por el meridiano dos veces al dia, tendremos un método para determinar la *altura del polo*, ó el arco del meridiano comprehendido entre el polo y el horizonte de un lugar, cuyo arco es diferente en cada punto de la tierra situado á diferentes distancias del equador. Los habitantes cuyo zenith corresponde al equador celeste, tienen sus dos polos en el horizonte; pero á medida que uno se aleja del equador para acercarse á los extremos del exe, el polo hácia que se camina parece mas elevado sobre el horizonte, y

el otro á proporcion deprimido. Si PP′ (*fig.* 24) son los polos; respecto de un punto de la tierra correspondiente á A′, cuyo horizonte será M′ N′, el polo P parece elevado la cantidad angular P C N′; mas para otro punto A, cuyo horizonte es M N, este ángulo aumenta la cantidad N C N′, y se convierte en P C N; y al contrario, el polo opuesto P′ se baxa baxo el horizonte tanto como vale el ángulo M C M′ igual á N C N′ por opuestos en el vértice. Figurémonos pues que un observador en g (*fig.* 6), que es su situacion sobre la superficie de la tierra, observa una de las estrellas circumpolares (1), cuyo paralelo I B queda enteramente sobre el horizonte; que en el momento en que la estrella ha llegado á su altura máxîma, ó al meridiano superior, mide con un instrumento el ángulo B G H ó B C H ó el arco B H comprehendido entre el horizonte y la estrella, y que mide del mismo modo el ángulo I G H, ó el arco I H quando la estrella, dexando de baxar en su paralelo está para subir; es claro que como el polo P dista igualmente de todos los puntos del paralelo, si se toma la mitad de la suma de los dos arcos observados B H y I H, esta mitad será el arco P H ó la altura de polo. La misma estrella polar puede servir, entre otras, para esta observacion; pues aunque á primera vista parece que está en el polo mismo, observada con instrumentos y atencion, se reconoce que dista algun tanto de este punto in-

(1) Se llaman propiamente *estrellas circumpolares* todas aquellas que distan ménos grados del polo que este del horizonte. Así tal estrella que será *circumpolar* en el horizonte de Madrid, no lo será, por exemplo, en el de Valencia.

moble, y que describe al rededor de él un círculo pequeño, cuyo diámetro es un arco de cerca de 4° del meridiano. Si observamos pues en Madrid en una noche clara la altura máxîma y la mínima de la estrella polar, y hallamos que la primera es de 42° 25′, y la segunda de 38° 25′, inferiremos que la altura del polo sobre el horizonte de Madrid es de 40° 25′, mitad de la suma de las dos alturas, pues 42° 25′ + 38° 25′ = 80° 50′ divididos por dos, dan al quociente 40° 25′.

36 En conociendo la altura del polo, se conoce la altura del equador sobre el horizonte ó el arco Q O. En efecto, desde Z hasta H hay 90°, y otros 90 hay desde Z hasta O: si de estas cantidades se quita la parte P Q, que vale 90°, los arcos restantes P H y Q O valdrán juntamente 90°; luego el uno será complemento del otro. En Madrid, por exemplo, la altura del equador será de 49° 35′, diferencia entre su altura de polo 40° 25′ y 90°. En general, la *altura del equador es siempre complemento de la altura de polo.* Es tambien claro que *la altura del equador es igual á la distancia del polo al zenith*, porque de P á Q hay 90°, como de Z á O; luego P Z, distancia del polo al zenith, es complemento de Z Q, y siéndolo tambien Q O altura del equador, se sigue que Q O y P Z son iguales por complementos del mismo arco. *La distancia del equador al zenith es igual á la altura del polo*; pues de Z á H, como de P á Q, hay 90°: si de estas dos cantidades se quita la parte comun P Z, los arcos restantes P H y Z Q quedarán necesariamente iguales.

37 Principalmente sirve para medir las alturas *el quarto de círculo movible*, cuyo uso es muy

antiguo, cómodo y general. Se ha visto ya el modo de dirigirle en las observaciones; y dexando para los astrónomos los detalles de su descripcion y mecanismo, paso á tratar con detencion de otro instrumento mas reciente y perfecto, el único que necesita quien quiera hacer de las nociones astronómicas de este libro aplicaciones útiles al adelantamiento de la geografía. Hablo del *sextante de Hadley*, instrumento precioso, que en nuestros dias ha recibido grandes mejoras, y del que se han sacado tan incalculables ventajas, procurando la resolucion aproxîmada del problema importante, de determinar en mar la posicion de un navío, ó en tierra la de un pueblo, que podemos decir que á él se deben principalmente los grandes progresos de la navegacion é hidrografía en los últimos años. El manejo del sextante es muy fácil, no exîge ni firmeza particular en la mano, ni alguno de aquellos apoyos que son necesarios á todos los aparatos goniométricos en general; y sus usos astronómicos, á mas de los geométricos, son tan multiplicados, que en acompañándole con un horizonte artificial y un buen relox, se posee el surtido bastante completo de un observatorio que puede llevar consigo fácilmente el aficionado en un viage de mar ó tierra.

38 Sobre el autor de este descubramiento, útil y feliz, dice Mr. Adams, de quien tomamos mucha parte de nuestras noticias (1), que el célebre Dr. ingles Hooke tuvo la idea fundamental, que el inmortal Newton imaginó el instrumento, y que Juan Hadley, Vice-Presidente de la Sociedad Real de Londres, publicó la primera des-

(1) *Geometrical and Graphical Essays &c.* London 8.

cripcion en 1731. A pesar de su evidente superioridad sobre todos los instrumentos que estaban en uso á la época en que pareció el sextante, no fue adoptado en la marina, donde ofrecia las mayores ventajas, hasta despues de algunos años; nueva prueba de lo dificil que es salir de la antigua rutina, y de la esclavitud de la opinon. Al fin triunfó de todas las contradiciones, desterró á todos los instrumentos, y hoy se aprovechan de él los cosmógrafos y los náuticos con verdadero reconocimiento hácia sus ingeniosos inventores. Para dar la descripcion del instrumento diré preliminarmente algo del principio de construccion que le caracteriza.

39 Este principio se funda en una propiedad de los espejos planos, que debe conocerse ántes de pasar mas adelante. Sean D E y C B (*fig.* 25) dos espejos planos; si viene un rayo de luz por la línea O K, y encuentra la superficie del espejo D E, resaltará, ó se reflexará quando esté en K, de modo que su nuevo camino K A forme con el espejo D E un ángulo A K D igual al otro ángulo O K E que hacia en el mismo espejo por el lado opuesto. La experiencia acredita diariamente esta propiedad de los espejos planos, y se manifiesta diciendo que *el ángulo de reflexîon* A K D *es igual al de incidencia* O K E. Luego si el rayo reflexado K A encuentra en el camino al espejo plano B C, se reflexará de nuevo, haciendo el ángulo de reflexîon S A B igual al de incidencia K A C. Concibamos ahora que gira el espejo B C al rededor del punto A en la cantidad angular B A F, de suerte que su nueva posicion sea F G; es claro que haciéndose menor el ángulo de incidencia del rayo K A, el

ángulo de reflexîon debe tambien ser mas pequeño, y por consiguiente el rayo reflexado no será ya A S, sino otra línea A S″ que haga con G F un ángulo menor, y por consiguiente forme ángulo con A S. Este ángulo S A S″ es precisamente duplo del B A F que hace la posicion actual F G del espejo con su primera posicion B C, porque el ángulo K A S, comprehendido entre el rayo incidente A K y su reflexado A S, vale siempre 180° ménos la suma del ángulo de incidencia, y del de reflexîon, es decir, ménos el duplo del ángulo de incidencia; luego si por el movimiento del espejo el ángulo de incidencia se disminuye ó se aumenta en cierta cantidad, el ángulo comprehendido entre el rayo incidente y el reflexado aumentará al contrario, ó se disminuirá en el duplo de esta cantidad, es decir, que el aumento S″ A S sobrevenido al ángulo K A S en virtud del movimiento del espejo será el duplo de la diminucion G A C que recibe por la misma causa el ángulo de incidencia K A C, ó el duplo del movimiento angular del espejo. Síguese tambien de aquí la proposicion recíproca, á saber, que si el ojo puesto en O sobre la recta K O ve algun objeto S con el auxîlio de dos espejos B C y E D, en virtud de dos reflexîones que el rayo S A sufre sucesivamente en A y en K, no podrá ver al mismo objeto puesto en S″, sino dexa en el mismo lugar al espejo D E, y al B C le da movimientos iguales á una cantidad B A F que sea mitad del ángulo S A S″ comprehendido entre las dos posiciones del objeto. Dada esta doctrina se entenderá fácilmente la construccion de los sextantes.

40 La figura 10 representa al instrumen-

to en su mayor sencillez, y, por decirlo así, en su infancia. Se compone de un arco de círculo A B dividido, y que comprehenda cerca de $\frac{1}{6}$ de la circunferencia, de donde le viene el nombre de *sextante* (1). En el centro del arco, y perpendicularmente al plano del círculo, se colocará un espejo M M perfectamente plano, y conducido por una alidada ó radio movible sobre el centro C. Esta alidada, cuya línea de *señal* es C A, andando por el arco A B, hará girar el espejo sobre un exe perpendicular al plano del instrumento, y que pasa por el centro C del movimiento de ella; y la cantidad angular de este movimiento será medida por el arco que haya corrido la alidada caminando de A hácia B.

41 En otra parte, sobre un radio C c, se pondrá otro espejo m m, tambien perpendicular al plano del instrumento, pero mas pequeño que el primero, y que ademas está fixo en la posicion m m paralela á M M, quando la alidada se halla en cero ó principio de la division en A, y solo su mitad próxîma al instrumento está azogada, y la otra mitad es transparente. El tubo T, que las mas veces es un anteojo, se dirige constantemente hácia el espejo fixo m m, pasa por medio de la línea que en este espejo separa la parte transparente de la azogada, y el ojo del observador desde T ve en él dos suertes de objetos, unos por vision *directa* por medio de la parte superior y

(1) Si su arco es la octava, quinta ó quarta parte de la circunferencia, el instrumento se llama octante, quintante ó quadrante; pero los principios de su construccion son los mismos, y los mismos sus usos. El instrumento de mi clase comprehende un arco de 160° doble ó de 80° de la circunferencia $= \frac{4}{9}$ próximamente de ella, y así aunque le llamo *quintante*, pudiera tambien llamarse *quadrante*.

transparente del cristal en la prolongacion de la línea T O, y otros por *doble reflexîon*, es decir, por rayos que viniendo á caer de o á C sobre el espejo M M en la direccion o C, son despedidos de C á c, y de c á T hasta el ojo del observador despues de haber hecho los ángulos de incidencia y de reflexîon iguales de una parte y otra de las perpendiculares P y p.

42 Si teniendo pues en la mano el instrumento en posicion horizontal, y despues de haber traido la alidada al punto cero de la division, ó á la situacion C A, en que los dos espejos son paralelos, el observador mira en el tubo T, segun la direccion T c O, un objeto O situado á distancia algo considerable, le verá á un mismo tiempo de dos modos, por *vision directa* al traves de la parte superior y transparente del vidrio, y por doble *reflexîon*; pues el rayo o C, sensiblemente paralelo á O c, cayendo en C baxo el ángulo o C P, será reflexado baxo un ángulo igual P C c al punto c del espejo pequeño; su ángulo de incidencia será C c p, de donde resultará segunda reflexîon baxo otro igual ángulo p c T; llegando así el rayo al ojo en la direccion c T le presentará la imágen del objeto O (confundido con o en atencion á la distancia), y hallándose esta imágen baxo del objeto mismo visto por vision directa, podrá hacérsela coincidir enteramente con él quando el ojo esté puesto bien en medio del campo del anteojo. Este es uno de los métodos que se emplean para rectificar el instrumento, es decir, que estando la alidada en cero se exâmina si un objeto distante y bien términado por su naturaleza, como la punta de un campanario, coincide consigo mismo quando se le mira sucesivamente

en la parte superior é inferior del espejo desde el campo del anteojo ó tubo que se le substituye. Si esta coincidencia se verifica, el instrumento está bien arreglado; sino, se hace mover la alidada la cantidad necesaria hasta que se observe haber sucedido la coincidencia, y se lleva en cuenta la diferencia observada. Mas adelante se indicará otro método aun mas seguro para conseguir esta rectificacion, que en una misma serie de observaciones es cantidad constante.

43 Quando partiendo de la posicion señalada en que los dos espejos son paralelos, y continuando en mirar fixamente el objeto O *visto por transparencia*, se dan movimientos á la alidada en la direccion del arco A B, el espejo M M, que gira con ella sobre el centro C, traerá sucesivamente al punto c de la parte inferior ó azogada del espejo m m las imágenes de una serie de objetos ó puntos, todos situados á la derecha del punto O; estas imágenes, que todas llegan por la línea C c, serán siempre reflexadas por c T, y vistas por consiguiente en T por doble reflexion, al mismo tiempo que se continuará viendo al objeto O por vision directa. La cantidad angular del movimiento del espejo M M, necesaria para procurar la coincidencia sucesiva de estas imágenes, será medida por el arco del limbo del instrumento que la alidada haya andado; pero se debe observar que en conseqüencia de esta disposicion y de lo demostrado (39), la cantidad angular del movimiento del espejo nunca es mas que la *mitad* del ángulo real formado por los dos rayos visuales, y que llegan el uno por vision directa, y el otro por doble reflexion. Así quando habiendo corrido la alidada 45° sobre el limbo hasta L, el espe-

jo M M haya tomado la posicion que indican las *líneas* punteadas en la figura, y señaladas con las letras K Y; entónces el rayo que viene de un objeto E, luego que cae en C se reflexará, primero á c por un ángulo l C c igual al de incidencia l C E, y despues, tomando el camino C c T, formará un ángulo recto E C o (igual á E d O) con el rayo directo T O proveniente del objeto O que ha servido de punto de partida. Esta reduccion de ángulos reales á la mitad sobre el limbo del instrumento no es embarazosa, porque el artista la ha prevenido numerando las divisiones del limbo de tal modo, que el ángulo de 45° está en él marcado 90°, y así los demas. Solamente exîge dicha circunstancia tanta mayor exâctitud en la division, quanto los errores de esta, si los hubiese, serian doblados; pero no hay miedo de error alguno con la máquina de dividir, inventada por el delicado artista ingles Ramsden, tan perfecta como segura en la execucion.

44 Con la teoría que acabo de explicar se concibe fácilmente una de las propiedades mas esenciales de este instrumento, á saber, la de no exîgir grande firmeza en la mano del observador, porque quando una vez ha hecho coincidir en el anteojo la imágen del objeto visto por doble reflexîon con el que fixa por vision directa, estos objetos ya no se separan, á pesar de los movimientos que reciba el instrumento, á no ser tan grandes que hiciesen salir del campo del anteojo el objeto fixado por vision directa; y como este campo es bastante grande, se adquiere pronto en la mar el habito de conservar dicho objeto en el anteojo á pesar de los balances del navío, y en las observaciones terrestres la firmeza ordinaria

de la mano es mas que suficiente, aun quando el instrumento no tenga pie, como sucede muchas veces. Los principales usos del *sextante*, á mas de la observacion de alturas de los astros, y en particular del sol, son 1.° determinar los ángulos, ya horizontales, ya inclinados entre los objetos terrestres para todos los usos geográficos y topográficos: 2.° observar las distancias angulares aparentes de la luna á las estrellas ó al sol, quando los dos astros se ven al mismo tiempo. La comparacion entre estas distancias observadas en mar ó en tierra, y las calculadas de antemano de tres en tres horas para un meridiano dado, procura, como diré luego, una solucion muy aproxîmada del importante y famoso problema de las *longitudes*. Todas estas observaciones se executan con rara precision y felicidad por medio de nuestro instrumento, segun se irá apuntando en adelante; ahora es preciso dar alguna extension y claridad á la teoría de la observacion que con él se hace de las alturas de los astros.

45 En la mar, donde el horizonte está indicado por la línea que separa al cielo del agua; para observar la altura de un astro, del sol, por exemplo, se tiene el instrumento de modo que su plano sea vertical; se dirige entónces *por vision directa* al punto del horizonte, correspondiente al vertical del sol, y se mueve la alidada hasta que la imágen de este astro, traida al anteojo por doble reflexîon, llegue á esta línea siendo exâctamente tangente de su disco; entónces se lee en el limbo el ángulo á que corresponde la alidada, que será la altura aparente del borde *superior ó inferior* del sol, segun se haya escogido el uno ó el otro; se añade en el segundo ca-

so, y se resta en el primero el semidiámetro del astro, cantidad que se halla en las Efemérides (1), y resulta la altura aparente del centro del sol. En tierra se hace la misma observacion con el auxîlio de un aparato llamado *horizonte artificial*, el qual no es otra cosa que una superficie bien horizontal, susceptible de reflexar la imágen de un objeto. Así podrán servir para esta funcion qualquier espejo hecho horizontal con un nivel de ayre muy sensible, ó bien un líquido tranquilo, como aceyte, vino ó azogue, que es lo mejor (2), sobre el qual se pone un disco de cristal con las superficies bien paralelas para evitar el efecto del movimiento del ayre. Sea pues A B (*fig.* 12) esta superficie horizontal reflectante, á la que llegan los rayos del sol S, y de donde se despiden á O, sitio del observador. Este ve al sol en el espejo en la direccion O s, se-

(1) Advertimos una vez para siempre que las *Efemérides astronómicas*, donde anualmente se anuncian para cada dia los lugares del sol y luna, los diámetros de estos astros, y los fenómenos celestes de mas importante observacion, y que á mas van acompañadas de tablas constantes auxiliares y catálogos de la posicion de algunas estrellas, son un libro de absoluta necesidad á todo aquel que haya de hacer de las nociones geográfico-astronómicas el uso y aplicacion que yo deseo. Es preciso aprender á manejarlas al mismo tiempo que se estudien estas lecciones; y este manejo es muy fácil, porque siempre llevan acompañante una instruccion clara que lo enseña. Miéntras el observatorio de Madrid no forma un almanak astronómico arreglado al meridiano de la capital, pueden usar los aficionados con preferencia del *conocimiento de tiempos* que todos los años publica la Oficina de longitudes de Paris, y en falta de este, de las *Efemérides náuticas* de la Isla de Leon, que se venden en el depósito hidrográfico, calle de Alcalá, ó del *Almanak ingles*.

(2) Quando se observa la altura de una estrella es preciso servirse en el horizonte artificial exclusivamente del azogue, porque las estrellas no son bastante luminosas para verse reflexadas en otros fluidos.

gun la qual le llegan los rayos reflexados, y la imágen del astro le parece en s, es decir, tantos grados baxo del horizonte A B del espejo, como el sol verdaderamente está elevado sobre él. El problema se reduce pues ahora á observar con el sextante puesto en situacion vertical el ángulo entre la imágen s vista en el espejo y el sol verdadero S, y tomar la mitad de este ángulo; para cuyo efecto fixando el observador por vision directa la imágen s en qualquier superficie reflectante, se traerá, por el movimiento de la alidada, el verdadero sol S, hasta coincidir con la imágen del que se observa por vision directa, ó para mayor precision se harán tocar solamente los bordes del sol, y de su imágen vista en el horizonte artificial, teniendo cuenta despues con los semidiámetros; y la *mitad* del ángulo indicado entónces en el instrumento será el ángulo de la altura pedida, *añadiéndole* luego, ó *quitándole* el semidiámetro del astro, segun que se haya observado su borde inferior ó superior. Para observar el borde ó la márgen inferior del sol, debe quedar la imágen del horizonte entre la del instrumento y el observador, y para conocer si está así, se moverá un poco la alidada ó el horizonte artificial, con lo que se moverá en el primer caso el sol verdadero, y en el segundo la imágen que se representa en dicho horizonte. En el instante en que el observador consiga el ajuste de los dos soles, de modo que queden tangentes, lo avisará al que tenga el relox que acompaña estas observaciones, para que determine el segundo en que sucedió, ó lo determinará él mismo mentalmente poniendo atencion en la cuenta.

46 La figura 13 representa un aparato cómodo para servir de horizonte artificial. *A* es una pequeña cubierta ó campana de dos caras, compuesta de dos cristales bien trasparentes, cuyas superficies sean paralelas. Esta cubierta abriga á una caxita de madera ó metal, en la que se pone el mercurio. En la serie de las observaciones se debe procurar hacerlas todas con la campana puesta del mismo modo; acabada la observacion se echa el azogue en una redoma, y las dos caras de la campana caen sobre la caxa por medio de goznes ó charnelas, quedando así el aparato muy portátil. Muchas veces se observa con solo el fluido sin cubierta ó resguardo, sobreponiendo á la caxa una gasa, con la qual se debilita tambien la fuerza de los rayos del sol, sino se quieren interponer los vidrios obscuros de que hablaré.

47 Quando se quieren observar alturas del sol ú otros astros con horizonte artificial, el uso del sextante se hace todavía mas cómodo, acompañándolo con un pie, como A B (*fig. 14*) afianzado en tres radios ó barras de metal H K G, cada una con su tornillo, y formando entre las tres un triángulo equilátero; al pie se une el instrumento por medio de un agujero que tiene el mango, y se asegura con una rosca *X*, la qual, segun la direccion de los movimientos que recibe, ó se mete ó sale fuera. El instrumento queda allí tambien con entera libertad de movimientos desde la posicion horizontal sobre su pie hasta la vertical, y esta libertad puede facilitarse ó minorarse aflojando ó apretando dos tornillos que tiene el pie en los extremos de la línea de su union con dos pedazos pesados de metal L N,

que sirven de contrapeso. Los tornillos que acompañan á los tres radios ó barras en que se afianza el pie, sirven para mantener las dos imágenes del sol en posicion vertical entre sí, quando se aproxîma el momento de su contacto. Para asegurarse si el instrumento agarrado del pie está en el vertical, no hay mas que mirar, quando se observa el sol, si la sombra que hace el instrumento hácia el observador sigue la misma línea de él, y de la sombra que hace la caxa del horizonte artificial; si no es así, se mueve sobre el pie el sextante, hasta que su sombra se dirija del modo dicho, y entónces está en el vertical.

48 Las alturas que se toman con un sextante y horizonte artificial resultan con extraordinaria precision, aun quando el instrumento no tenga mas que tres pulgadas inglesas de radio. En el quintante, de que uso en mi enseñanza, construido por el ingles Troughton, cuyo radio es de unas 6 pulgadas, la altura del sol se determina con toda certidumbre dentro de los 2 á 3 segundos de grado, estando dividido el limbo de 15 en 15″. No se debe pues extrañar que la Oficina de longitudes de Inglaterra haya concedido grandes recompensas á los artistas, que por sus exâctos métodos de division, ponen á un instrumento tan pequeño y portátil en estado de competir con los mejor montados en un observatorio, á pesar de la desventaja que resulta de la reduccion de los arcos sobre el limbo á la mitad de los ángulos reales que miden.

49 Despues de haber indicado los principios de la construccion de este ingenioso instrumento que nunca debe faltar ni en el quarto, ni en los viages de un aficionado á las mejoras de la geo-

grafía (1); paso á describirle con la posible rapidez. El sextante representado (*fig. 15*) tiene 7 pulgadas ½ de radio, y es una de las mayores dimensiones que actualmente se dan á estos instrumentos. Está armado con travesaños que le comunican mucha solidez, y en medio de ellos un mango de madera, por el que se le tiene agarrado quando se observa, sino se le acompaña con el pie. El arco A A está dividido en 120 grados, subdivididos despues por el *nonio* (2) en medios minutos

(1) Por dos mil rs. vn. puede adquirirse en Lóndres un sextante con su pie, horizonte artificial y caxa de cahova, construído por Troughton ú otro artista famoso, del mismo radio que el que yo uso. En extendiéndose su manejo y aplicaciones entre algunos propietarios y militares que le lleven siempre en sus marchas, acaso pronto se lograria una lista importante de las situaciones astronómicas de muchos pueblos de España. ¡Ojalá tuviese imitadores el exemplo que ha dado en esta parte el General Don Josef Mazarredo! Cada viage suyo se puede decir que es una corta campaña astronómica: apenas ha hecho marcha en que no haya fixado la situacion de algunos puntos de nuestra península, y en que su quintante no haya proporcionado adelantos á la geografía del Reyno. Poseo una lista de sus observaciones, cuya lectura cada vez excita en mí nuevo entusiasmo hácia la astronomía, y hácia los que con tanta utilidad la cultivan.

(2) Como el *nonio ó vernier*, cuya idea original atribuye Adams al geómetra Clavio, que vivia á principios del siglo XVII, y otros á Pedro Nuñez, matemático portugues del siglo XVI; pero que realmente se debe á Pedro Vernier, natural del Franco-Condado, en 1631, es una division que se aplica ahora á casi todos los instrumentos destinados á medir ángulos, ó á subdividir líneas rectas, conviene exponer aquí sus principios. Supongamos que en el limbo de un instrumento dividido solamente en *medios grados*, se quieren á mas especificar los *minutos*, ó el equivalente de una division real de cada intervalo de medio grado en 30 partes, division que ordinariamente seria impracticable, ó si se executase, ilegible á causa de la proximidad de las líneas que la formarian. Se prepara para esto una chapa ó lámina delgada de metal, cuya longitud, á lo ménos, sea de 29 medios grados, ó 14 grados ½ del instrumento de que se trate, y cuyo borde cor-

ó 30″, y contados de derecha á izquierda, como lo indican los guarismos que lleva la alidada; la coincidencia de las divisiones se observa con un lente muy fuerte que la acompaña. El tornillo ó rosca B se destina á dar á la alidada, y por consiguiente al espejo grande el movimiento lento necesario para hacer coincidir las imágenes con

tado en curba, tenga la curbatura como la del arco dividido del limbo: esta chapa ó lámina de metal se llama *nonio* ó *vernier*. Sobre el borde del vernier se marcarán dos puntos extremos, y uno de ámbos servirá de *índice*, debiendo comprehender entre sí exâctísimamente 29 divisiones del limbo; y este intervalo se dividirá en 30 partes; por consiguiente cada una de las divisiones del vernier será mas pequeña que una de las del limbo, una misma parte alícota = la diferencia entre los dos quebrados $\frac{1}{29}$ y $\frac{1}{30}$ del arco total comprehendido por el vernier. Este arco, segun nuestra suposicion, es de 14° $\frac{1}{4}$ ú 870 minutos; pero $\frac{1}{29}$ de 870′ = 30′; y $\frac{1}{30}$ de 870′ = 29′; luego la *diferencia* entre una de las divisiones del vernier, y una de las del limbo, es precisamente de un minuto, cantidad en que son mas pequeñas las del primero. Así, suponiendo á este unido á la alidada, ó al anteojo, en una palabra, á la parte movible de qualquier instrumento destinado á observar ángulos, ó á qualquier pieza que ande á lo largo de una division fixa relativa al instrumento; si se quiere determinar la cantidad angular ó lineal de su movimiento, podrán presentarse tres casos que voy á hacer sensibles con la inspeccion de la fig. 11.

Sea la pieza fixa A B el limbo de un instrumento qualquiera, por exemplo, de un gran quarto de círculo dividido de 5 en 5 minutos, y que se quiere subdividir de minuto en minuto con un nonio ó vernier. C representará una pieza movible á lo largo de esta division fixa, ó el nonio, y la línea punteada sobre esta pieza será *la línea de señal*, ó el exe del anteojo, cuya cantidad angular de movimiento en rededor del centro del instrumento, se quiere determinar con la precision de un minuto, aunque el limbo realmente no está dividido mas que de 5 en 5 minutos. Segun el principio recien establecido, quatro divisiones del limbo estarán divididas en el nonio en 5 partes numeradas 1, 2, 3, 4, 5, y la diferencia entre una de las divisiones del

precision quando se observa, y este tornillo no anda sino está apretado el otro C que está detras, el qual se afloxa si se quiere dar á la alidada considerable movimiento para buscar el objeto que se ha de traer por doble reflexîon á coincidir con el que se mira por vision directa.

limbo y otra del nonio, será por consiguiente la que hay entre $\frac{1}{5}$ del arco total de 20 minutos, ó 4 minutos y $\frac{1}{4}$ de este mismo arco, ó 5 minutos, diferencia igual á un minuto.

Supongamos ahora que despues de una observacion el anteojo de un quarto de círculo, ó de un sextante que lleva al nonio C, se halla en la posicion N.° 1.°, y que se quiere leer el ángulo que esta señala. Exâmínese á que punto del limbo corresponde la primera línea del nonio marcada *cero* ó el índice; se verá que llega justamente á la segunda division del limbo, es decir, á la que corresponde á 10′, contando desde el orígen A de la division del instrumento, y en este caso el nonio nada tiene que subdividir, y la simple prolongacion de la línea de *señal* hubiera bastado y servido de *índice*. Pero si despues de la observacion el índice se halla como en D, N.° 2.°, corresponderá á un intervalo entre dos divisiones; y lo que se trata de estimar es la cantidad que se aparta mas allá de la division mas cercana del lado de A hácia B; para esto se averigua simplemente la *cifra* de las divisiones del nonio que corresponde justamente á una de las del limbo: aquí se ve que es la segunda, y esto indica que el nonio, ó mas bien su *índice*, está 2′ mas allá de la division mas próxîma del limbo, ó bien que se han de añadir 2′ á 1° que indica ya esta division, ó que el ángulo á que corresponde la posicion actual del anteojo, ó alidada donde está el nonio es de 1° 2′. — Finalmente, puede suceder, como en la posicion E, N.° 3.°, que ninguna de las divisiones del nonio coincida con otra del limbo. Se ve en nuestro exemplo que la tercera está mas allá, y la quarta mas acá de las líneas mas próximas del limbo, que son la de 1° 55′, y la de 2°. Entónces si la diferencia parece igual de una y otra parte, se añade $\frac{1}{2}$, y asi se leeria en esta posicion 1° 58′ 30″: si la diferencia parece desigual se proporciona la estimacion que se hace de esta desigualdad, y como nunca se trata mas que de una fraccion de minuto en nuestro caso, el error que se podrá cometer en la estimacion de la desigualdad tiene poca conseqüencia.

50 En D se ve un surtido de tres ó quatro vidrios colorados, girando cada uno sobre su ángulo inferior en un plano vertical para hallarse ó no, interpuestos al paso de los rayos que del espejo grande vienen al chico, precaucion necesaria con la mira de amortiguar el efecto de los rayos solares quando se observa la altura del sol, ó la distancia aparente de este astro á la luna,

Adams propone una fórmula general para hallar *el valor indicado por la coincidencia sucesiva de cada division en qualquier nonio*, y es la siguiente: 1.° sépase el valor de las subdivisiones trazadas en la limbo á que se aplica el nonio: 2.° divídase la cantidad de minutos y segundos hallados por el número de divisiones del nonio y el quociente dará la cantidad buscada. Así en nuestro exemplo cada division del limbo valía 5′, y en todo el arco del nonio habia 5 divisiones. $\frac{5}{5} = 1$; luego este nonio daba 1° por cada division suya coincidente sucesivamente con una de las del limbo. Si cada division del limbo hubiera sido de 30′, llevando el nonio 15 divisiones, tendríamos $\frac{30}{15} = 2'$ por resultado. En el quintante de que uso en mi clase, el limbo está dividido de 15 en 15′, el arco comprehendido por el nonio es de 15° divididos tambien de 15 en 15′, es decir, que el número de sus divisiones es de 60, luego el resultado será $\frac{15}{60}$ de minutos $= 0', 25 = 15''$, de modo que el nonio de mi instrumento mide los ángulos de 15 en 15″, y como es muy perceptible con el lente el ajuste al medio y aun al tercio de esta division, quiere decir que los mide de 5 en 5′: por otra parte, siendo alturas dobles las que se observan con el horizonte artificial, resulta que quando se usa de este aparato con el quintante del Seminario, el error de la duda de ajuste por falta de mayor division queda reducido á $2\frac{1}{2}''$. Pasma segurameute tanta precision en este instrumento portatil.

Es de advertir que á veces con arreglo á la extructura particular del instrumento, *el índice* del nonio no se pone á uno de los extremos de la division sino en el medio, lo qual es indiferente, ni jamas puede inducir á equivocacion, porque las divisiones siempre las numera el artista en el órden en que se debe buscar su coincidencia con las del limbo para leer el ángulo indicado por el nonio.

como tambien para ver el borde de la luna mejor terminado quando se observa su distancia aparente á una estrella. Se puede graduar como se quiera el obscurecimiento interponiendo á un tiempo mas ó ménos vidrios. En F está el espejo chico, y detras de él en E otro surtido de vidrios destinados á obscurecer los objetos vistos por vision directa, como el sol, por exemplo, quando se le mira en una superficie reflectante para tomar su altura, segun se ha indicado. Se puede tambien graduar el obscurecimiento interponiendo dos ó tres vidrios ó uno solo. En H G hay un tornillo ó ajuste para dar con seguridad al plano del espejo chico ciertos movimientos ligeros con que traerle á estar bien exâctamente perpendicular al plano del instrumento quando se ha inclinado por algun accidente. En K hay un anillo de rosca al que se ajusta, ó un tubo simple, ó uno ú otro de dos anteojos acromáticos, de los quales el mas corto muestra los objetos en su posicion natural, y el otro los trastorna ó invierte. Este último tiene el campo mas considerable, y reune otras ventajas, lográndose con poco hábito usarle fácilmente á pesar de la inversion, sobre todo en las observaciones celestes. El anteojo hace mas precisa ó exâcta la observacion del contacto de las imágenes, y por su situacion en su campo se ve si estan en el parage mas conveniente á la observacion: con el movimiento que puede darse al ocular se adapta el anteojo á las diferentes vistas, y por un tornillo particular, ó del anillo K, ó de su apoyo, puede levantarse ó baxarse, acercarse ó apartarse, y hacerse su exe paralelo al plano del instrumento. El tubo ocular de cada anteojo recibe algunas veces una pieza

circular que lleva tambien vidrios colorados, ó una simple abertura sin vidrios, segun la necesidad del observador.

51 La primera rectificacion que debe preceder á todas las observaciones, es reconocer lo que se llama *error* del *índice*, es decir, el número de grados ó minutos que indica el nonio, quando se ha traido la *imágen* de un objeto distante visto por doble reflexîon, á coincîdir con el mismo objeto mirado por vision directa. Pero el método mas seguro para esta verificacion, de que ya hablamos ántes (*42*), consiste, quando el cielo lo permita, en medir el diámetro del sol, trayendo primero una de las márgenes de la imágen vista por doble reflexîon á contacto con otra de las del sol visto directamente, y despues el otro borde de la imágen, con la márgen opuesta del sol. Si resulta el mismo ángulo de una y otra parte de *cero*, ó principio de la division, el índice no tiene error; pero si los diámetros medidos difieren entre sí, la mitad de la diferencia es el error del índice, en exceso, ó en defecto, segun que el medio de la suma de los dos ángulos observados cae dentro ó fuera del cero de la division. De noche pueden servir para esta rectificacion la luna, ó alguna estrella brillante, haciendo coincidir las dos imágenes. La correccion que resulte por qualquiera de estos caminos se aplica constantemente despues á todos los ángulos observados. En los sextantes en que el artista ha dexado al espejo chico la posibilidad de móverse sobre su exe, se puede hacer nulo este error moviendo al espejo, y dándole aquella situacion que convenga para que los dos horizontes ú objetos, el re-

fixado y el visto directamente coincidan quando la alidada está en *cero*; pero en general es preferible que dicho espejo quede fixado desde el principio de un modo invariable, y llevar en cuenta el error si exîste.

52 La segunda rectificacion consiste en hacer que *los espejos esten perpendiculares al plano del instrumento*, y se puede empezar el exámen por el grande de la alidada, poniendo esta hácia la medianía del arco, colocando el instrumento sobre una mesa, y mirando el arco desde el canto exterior vertical del espejo, de modo que se vea también en él por reflexîon; si no coinciden el arco y su imágen, se moverá el espejo por los tornillos que le afirman al instrumento hasta conseguirlo. Dispuesto así el espejo de la alidada, se procederá á exâminar el espejo chico; y para lograrlo, teniendo el instrumento en posicion horizontal, se fixará por vision directa un objeto bien terminado, y haciendo despues mover la alidada se traerá la imágen de este mismo objeto hácia el punto de coincidencia, y entónces pasará ó *encima* ó *debaxo* del objeto. En uno y otro caso, moviendo suavemente el tornillo ó rosca en H, se logra que la imágen pase precisamente sobre el objeto mismo. Póngase sino el instrumento verticalmente, y diríjase á un objeto bien terminado, por exemplo, á la punta de un campanario, moviéndose la alidada hasta que la imágen del mismo objeto se presente por reflexîon en el campo del anteojo; si las dos imágenes coinciden entónces, y se confunden perfectamente, los dos espejos tendrán la misma posicion con respecto al plano del instrumento, y como el grande se ha puesto ya perpendicular á es-

te plano, el pequeño lo será igualmente; pero si la imágen reflexada, léjos de confundirse con la directa, pasa á su derecha ó izquierda, se trae el espejo chico á su verdadera posicion con el tornillo H. Se hará tambien esta rectificacion por medio del sol, la luna ó una estrella, moviendo la alidada hasta que venga la imágen reflexada al espejo chico, y viendo si cubre exâctamente á la que se mira por vision directa. Despues se ha de colocar el *exe del anteojo paralelo al plano del instrumento*; y para lograr esta condicion sirven dos hilos paralelos entre sí, tendidos en el campo del anteojo, los que se hacen tambien paralelos al plano del sextante, dando vueltas sobre su exe al tubo ocular que los lleva. Trayendo despues el observador entre estos dos hilos á los objetos que deben coincidir, está seguro que su exe de vision es paralelo al plano del instrumento. El anteojo exîge ademas otro ajuste ó arreglo, el que se consigue metiendo mas ó ménos las roscas que mantienen en su lugar al anillo K. Para este efecto se buscan dos objetos, por exemplo, el sol y la luna, ó la luna y una estrella, cuya distancia angular debe, para tal género de verificacion, exceder de 90°; se ponen las márgenes de los dos astros en contacto preciso con el hilo del anteojo mas próxîmo al plano del instrumento, y allí se fixa el *índice*; y despues se inclina suavemente este plano hasta que las márgenes parecen en el otro hilo. Si sus bordes no dexan de tocarse, entónces el exe del anteojo está en su verdadero lugar: si no sucede así, se aprietan ó se afloxan los tornillos de K, para meter ó adelantar el anteojo hasta que el contacto de las imágenes sea permanente en uno y otro

hilo. Para reconocer si las dos superficies anterior y posterior de cada espejo son bien paralelas, se observa baxo incidencia muy obliqua la imágen de un objeto, y si parece única y bien terminada, las superficies son paralelas exâctamente. Hay aun que tomar otras precauciones en las observaciones importantes, que exîgen extrema precision, como la de evitar el efecto de la flexîon de la alidada quando gira el espejo grande para llegar al objeto que se busca; con este fin se ha de procurar dar á la alidada su último movimiento en el sentido en que se le dió en la primera rectificacion, que fue la del error del índice; y es bueno tambien tomar la costumbre de terminar su movimiento siempre en la misma direccion, y con preferencia en la que va alejándose del observador ó del principio de la division. El Señor Galiano (1) aconseja que para llevar en cuenta el observador escrupuloso los mas pequeños errores que pueda tener su instrumento, aun despues de todas las rectificaciones expresadas, por defectos de la graduacion, de los vidrios y de la colocacion del anteojo, debe deducir el resultado de ellos por la comparacion con otro que está bien comprobado, midiendo ángulos de objetos terrestres en diferentes partes de la graduacion, y hallando por las diferencias las correcciones, las que serán aditivas si el arco medido con el instrumento que se exâmina es menor, y substractivas si es mayor. Si no se halla la misma diferencia en todas las partes de la graduacion, podrá disponer una tabla fácilmente, deduciendo por

(1) *Memoria sobre las observaciones de longitud y latitud en la mar.*

proporcionales las correcciones que correspondan á cada grado por las que se noten en las que los incluyen, baxo el concepto que si no son muy cortas las diferencias de las correcciones, el instrumento está mal construido, y por consiguiente es inútil para las observaciones. En lugar de objetos terrestres puede emplearse la distancia de la luna al sol, con la ventaja que entónces resultará tambien el error del vidrio obscuro, que se empleará en las observaciones mas delicadas, siendo necesario que la determinen en el mismo instante dos observadores; y comparando, como ántes, los arcos medidos, se deducirá del mismo modo la correccion del instrumento que se exâmine. La correccion que resulte reducida con el *error* del índice se llama *error del instrumento.* Quando las observaciones que se hagan con el sextante requieran escrupulosa exâctitud, conviene repetir despues de ellas las rectificaciones, pues algunas suelen tener alteracion durante el tiempo de su uso.

53 La clase de instrumentos de que acabo de hablar ha recibido en estos últimos años una considerable mejora de resulta de la aplicacion hecha por el célebre Borda de su círculo repetidor á los instrumentos de reflexîon, y de las nuevas adiciones útiles con que ha enriquecido á estos mismos círculos el excelente artista ingles Trougthon; pero aunque sus ventajas son considerables, y grande la precision que procuran en las observaciones, pudiéndose repetir estas indefinidamente sobre diversos arcos del mismo círculo, y tomar un resultado medio entre todas; sin embargo, en los usos astronómicos que perfeccionan la geografía es suficiente el uso del sex-

tante, como se irá viendo: ¡oxalá se propague su manejo y aplicaciones entre los aficionados! Este deseo me ha animado á darle á conocer tan detenidamente.

54 Para facilitar todavía mas el uso del quintante ó sextante, y dar un modelo del modo de deducir la altura de los astros por las observaciones hechas con este instrumento, sirva el exemplo siguiente: en 18 de Diciembre de 1802 observé en Madrid á las 10 de la mañana la altura del borde inferior del sol con el citado quintante del Seminario y horizonte artificial. Habiendo puesto en contacto las dos imágenes del sol, avisando en el momento en que estuviéron tangentes al que llevaba el relox, y contaba los segundos, miré el arco medido por la alidada hasta aquel instante, y deduxe la altura aparente del sol (⊙) así:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Arco medido ó altura doble del ⊙ | 41° | 55′ | 37″ |
| Mitad ó altura ⊙ ..... + | 20 | 57 | 48,5 |
| Error del instrumento..... — | 12 | 30 | |
| Altura corregida del ⊙ ..... | 20 | 45 | 18,5 |
| Semidiámetro del ⊙ ..... + | 16 | 17 | |
| Altura aparente del centro del sol. | 21 | 01 | 35,5″ |

En casos de mucho rigor y exâctitud conviene tomar tres ó quatro alturas, y deducir la que ha de servir de dato por un promedio entre todas.

## LECCION IV.

### *Figura y magnitud de la tierra. Diferencia del nivel aparente al verdadero. Depresion del horizonte.*

55 La superficie de la tierra no es como parece á primera vista, y como pareció á los primeros observadores, plana y dividida irregularmente en valles y montañas. Desde los primeros tiempos, y por muchas observaciones sencillas se conoció que era curva. Los antiguos habitantes del mundo, que viajáron en la direccion de la meridiana (1), advirtiéron luego que las mayores y menores alturas de los astros no eran las mismas en el progreso de su viage que en el lugar de donde habian salido. Los que caminán hácia el polo ártico veian que los astros cercanos á este punto se les presentaban mas elevados, tanto en su mayor altura ó paso por la parte superior del meridiano, como en su paso por la inferior; y que los situados á la otra parte del cielo, hácia el equador, aparecian cada dia mas baxos. Lo contrario sucedió á los que viajáron al mediodia, pues estos veian mas baxas las estrellas polares, y mas elevadas las opuestas; descubriéron por la parte del equador nuevos astros, que aun no habian visto sobre el horizonte, y llegáron ya á no ver los que estaban hácia el polo. De aquí deduxéron que la superficie de la tierra que habian recorrido era curva. Viéron que despues de haber pasado distancias iguales, siguiendo la direccion de la meridiana, las mayo-

(1) Maupertuis *Elements de Geografie*, art. II.

res y menores alturas de las estrellas habian recibido aumentos ó diminuciones iguales, y esto les convenció que, á lo ménos en esta direccion, aquella superficie era una zona circular, y la línea meridiana que prolongada hasta la bóveda celeste ceñia la tierra, una especie de círculo al que llamáron entónces *meridiano de la tierra*. La misma observacion harian con las alturas meridianas del sol, pues habiéndose conocido muy pronto que las sombras de los cuerpos son tanto más largas quanto el sol tiene ménos elevacion á mediodia, los que viajaban siguiendo la meridiana viéron que quanto mas se acercaban al polo ártico, tanto mas largas eran las sombras meridianas medidas en el mismo dia del año, prueba de que se habia disminuido la altura del sol sobre el horizonte, y que el observador, caminando al norte, no estaba ya en el mismo plano que quando se hallaba hácia el equador, de lo que se inferia la curvatura de la tierra (1).

56 Aun no conocian por esto la figura de la tierra en las direcciones perpendiculares á la meridiana, porque sin duda ignoraban que en los eclipses la sombra redonda que cubre á la luna es la de la tierra (2), como se dirá mas adelante:

(1) Algunos filósofos de la antigüedad, como Leucipo y Anaximandro, guiados por sola esta consideracion, dixéron que la figura de la tierra era *cilíndrica* ó encorvada de N. á S.; así lo refiere Aristóteles en su libro *de Cœlo*.

(2) Las leyes de la óptica ó perspectiva enseñan que si un cuerpo en todas situaciones y circunstancias proyecta *sombra circular*, necesariamente es un globo; la sombra proyectada sobre la luna, en sus eclipses, es siempre y baxo qualquiera direccion circular; luego la figura de la tierra que la proyecta debe ser *globular* ó redonda sensiblemente. Es cierto que en estos eclipses no solo llega á la luna la sombra de la tierra, sino tambien la de la atmósfera terrestre; pero como esta rodea á la tierra por todas

largo tiempo despues verosímilmente, la astronomía ya perfeccionada reconoció que quando se caminaba en direccion perpendicular á la meridiana, aunque no se veia mutacion alguna en las mayores y menores elevaciones de las estrellas y del sol, el momento en que los astros se hallaban en sus máxîmas y mínimas alturas, llegaba mas pronto para los viageros que caminaban hácia el oriente, y mas tarde para los que iban al lado opuesto; que las diferencias de estos tiempos eran proporcionales á la cantidad de los caminos que se habian andado sobre cada línea perpendicular á la meridiana, y que quanto mas elevadas se veian las estrellas polares en el punto de donde habian salido los caminantes, tanto ménos camino se necesitaba en aquella direccion para hallar estas diferencias de tiempo. Entónces se infirió con fundamento que la superficie de la tierra en el hemisferio por donde habian viajado, de oriente á occidente era convexâ, como ya ántes viéron que lo era de norte á sur; porque si se levanta un cuerpo circularmente sobre alguna superficie plana, el momento de su mayor ó menor elevacion será el mismo para todos los puntos de esta superficie, en vez de que haciéndole mover en rededor de un globo, el momento de su mayor elevacion respecto á un punto será precisamente el de su elevacion mínima respecto á otros, como qualquiera puede experimentarlo. En conseqüencia, se trazáron en la tierra las líneas que ántes se habian descrito en los cielos; y así como hubo en ella *meridianos*, hubo tambien *arcos paralelos al equador*, que disminuyen á pro-

partes á casi igual altura, si su figura es esférica, es preciso que lo sea la tierra.

porcion de su proximidad al polo, de suerte que el último coincide con el punto donde concurren los meridianos.

57 El movimiento diurno aparente de los cielos obligaba á los hombres á imaginar en la tierra otro hemisferio debaxo del horizonte respectivo, pues de lo contrario no podrian explicar qué se hacia el sol despues de su ocaso, y cómo al cabo de algunas horas aparecia de nuevo por un punto diametralmente opuesto. Conjeturáron que este hemisferio seria igualmente convexô y parecido al nuestro, porque no habia razon para creerlo diferente. Sin embargo, esta no era mas que una sospecha poco fundada, hasta que observados los eclipses de luna no les quedó duda de la redondez de la tierra. La navegacion perfeccionada suministró otra prueba de lo mismo. Un navío, que da la vuelta al mundo, sale del puerto, por exemplo, hácia el oriente, y vuelve por el oeste al mismo; esto no podria suceder si la tierra fuese plana, pues en este caso el que saliese de un punto, y caminase desde allí en línea recta sin detenerse, á cada instante y sucesivamente se alejaria mas y mas del parage de donde partió, y nunca volveria á él. Así despues que el navío español *la Victoria*, conducido en principios del siglo XVI por Juan Sebastian el Cano, dió por primera vez la vuelta al mundo, saliendo de Sevilla por el occidente, y volviendo á este emporio del comercio ultramarino por el oriente, se demostró material y convincentemente la redondez de la tierra. Los modernos viages de Bougainville, Cook, Marchand y otros argonautas han confirmado lo mismo en nuestros dias. Otras observaciones familiares y continuas manifiestan

tambien que la tierra es redonda ó casi redonda. Quando un navío comienza á descubrir la costa, los primeros objetos que descubre son los mas elevados; pero si la superficie terrestre fuese plana, al mismo tiempo que se descubre la torre B (*fig. 16*) se deberia distinguir á la vista el terreno adyacente A B C; la causa por qué no sucede así es porque la superficie D A C se presenta mas y mas baxa respecto á la línea horizontal D B del navío, de modo que dos puntos D y B estarán en una misma línea horizontal, y se hallarán muy desigualmente distantes del centro T de la tierra. Por la inversa al llegar el navío cerca de las costas se le ve por la parte superior de los mastiles, y los mejores anteojos no podrian descubrir el cuerpo por grande que sea; no viéndose pues mas que la parte superior, es preciso que la inferior esté escondida por la convexidad de la porcion de mar comprehendida entre el navío y el espectador, como lo manifiesta la misma figura. Así tambien, quando saliendo un caminante de cierto punto cuenta los objetos terrestres mas notables que entónces descubre, advertirá, pasando á distancias algo considerables, que los objetos de que se aparta desaparecen, y otros nuevos se ofrecen á su vista. Esta mutacion no solo proviene de que la luz procedente de los objetos distantes se debilita demasiado para hacérnoslos sensibles, sino de que estos objetos se ocultan en la superficie de la tierra ó del mar, levantada, digámoslo así, entre ellos y nosotros, y los rayos de luz, que partiendo de los objetos se dirigen al ojo, quedan interceptados.

58 Como por efecto de esta curvatura, quando un objeto visto desde otro parece en la mis-

ma línea horizontal dista mas que el primero del centro de la tierra, y lo que se llama *nivelarlos* es ver quanto mas distante está uno que otro de este centro, por eso, despues que ó se miran dos objetos horizontales, ó que se reducen á horizontales, observando por los métodos geométricos la desigualdad que hay entre ellos respecto á la línea horizontal; hay que hacer una correccion, que se llama *diferencia del nivel aparente al verdadero.* Para calcularla (*fig. 17*) supongamos que D y B son dos objetos en línea horizontal, cuya diferencia de distancias B I al centro de la tierra quiere averiguarse. Se debe advertir que la distancia á que se puede percibir un objeto terrestre, ó á lo ménos la distancia D I á que se le observa en la nivelacion, es siempre bastante corta, para que medida en la superficie de la tierra pueda mirarse como igual á la tangente D B, *media proporcional* entre toda secante tirada desde el punto B y la parte externa B I de esta misma secante; por otra parte, á causa de la pequeñez del arco D I se puede considerar la secante que pasa por el punto B y el centro T, como igual al diámetro, es decir, al duplo de I T ó de D T; luego B I será el quarto término de esta proporcion 2 D T : D I :: D I : B I. Suponiendo pues que D I, medida sobre la superficie de la tierra, sea de 7000 pies: como el radio de la tierra se regula de 22862700, se hallará B I por esta proporcion 22862700 pies: 7000:: 7000: B I; y efectuado el cálculo resulta que esta diferencia de nivel ó de distancia al centro de la tierra entre dos objetos B y D distantes 7000 pies, y que estan en la misma línea horizontal, es de 2 pies, 1 pulgada y 9 líneas. Con saber quánta es

la diferencia del nivel verdadero al aparente en 7000 pies de distancia, se puede construir una tabla general de todas las diferencias, pues siguen la proporcion del quadrado de las distancias, es decir, que á la diferencia dupla esta distancia será quadrupla, nueve veces mayor á una diferencia tripla &c.

59 De la figura de la tierra proviene tambien la corta extension que podemos ver de nuestro horizonte sensible. Si la tierra fuese plana, y nuestra vista mucho mas poderosa y eficaz de lo que es, puestos en grande elèvacion veríamos la mitad justa de la tierra, á saber, la que está sobre el horizonte; aun siendo nuestros ojos tan débiles y de poder tan limitado, en la tierra plana, con buenos anteojos, descubriríamos objetos á 800 leguas de distancia; pero como la superficie terrestre es convexâ, la altura ordinaria del hombre, aun en terreno favorable, es decir, en grande altura y horizonte despejado, nó le permite extender su vista mas que á 5 ó 6 leguas. En mar, los límites del horizonte sensible, quando el ojo está á unos 6 pies de altura se extienden, á cerca de 5367 varas castellanas de distancia; y en general los quadrados de esta distancia crecen como las alturas del observador. La *depresion del horizonte*, correccion que se aplica en la mar á las alturas observadas de los astros, nace tambien de la figura de la tierra. Si A B D (*fig. 38*) representa una parte de la circunferencia de la tierra, y un observador está en O elevado la cantidad B O sobre el mar; tirando la tangente O E, esta representará el horizonte del mar, y sobre ella tomará el observador la altura de los astros, por no poderlo hacer inmediatamente sobre la

línea H O R que está perfectamente de nivel; así la observacion dará un error igual al ángulo H O E, y esta diferencia se llama *depresion del horizonte;* el ángulo por consiguiente se forma en el punto donde está el observador por el horizonte verdadero y el aparente, ó es la cantidad en que este aparece mas baxo que el verdadero; y como tal ángulo pende principalmente de la curvatura de la tierra, quanto mas elevado está el observador, tanto está mas depreso el término visible del horizonte; de donde resulta que las alturas aparentes ú observadas de los astros son mayores que las verdaderas en la cantidad de esta inclinacion ó ángulo; y por consiguiente debe aplicarse, siempre que la observacion se haga de cara al astro, como se hace siempre en tierra y freqüentemente en mar, la correccion en sentido substractivo, segun la elevacion del observador sobre el nivel para reducir las alturas al horizonte verdadero. En una elevacion de 5 pies la correccion es de 2′ 8″; y en general los quadrados de los ángulos de la inclinacion de ámbos horizontes el verdadero, y el del mar quando son pequeños son como las alturas del ojo. El *almanak* de la isla de Leon contiene tabla general para esta correccion; y ademas el ángulo H O E puede calcularse directamente por la trigonometría, porque es igual al K C O por ser ámbos complementos del mismo ángulo K O C. Pero en el triángulo K O C rectángulo en K se conoce el lado K C radio de la tierra, y la hipotenusa C O igual al mismo radio + la altura del observador, luego se calculará el ángulo pedido diciendo O C: R:: K C: Cos. K C O = Cos. H O E. En tierra, como no está determinado el límite del

horizonte, y por lo mismo nunca se observan los astros con relacion al horizonte natural sino al zenith, no hay en las alturas que corregir la depresion, como ni tampoco en las observaciones con horizonte artificial, porque este aparato nunca puede fixarse sino á muy pocos pies del observador.

60 Quando se creyó conocida la figura de la tierra, el hombre, que es casi nada respecto á la masa total del globo, pero que posee la alhaja del espíritu, con la que no son comparables ni todas las masas ni la materia entera, concibió el proyecto atrevido de medirla y determinar su magnitud. No era bastante (1) haber trazado líneas en la tierra, divididas en grados, que representan arcos de círculos semejantes en los cielos por su prolongacion; con esto solo se sabia la direccion de un camino, pero no su extension. Debian pues medirse los grados y determinarse el número de toesas ó pies que contiene cada uno; averiguacion intentada en diferentes siglos, pero todavía indecisa á mitad del XVII. Entre otros geómetras de la antigüedad, Posidonio, filósofo egipcio, amigo y contemporáneo de Ciceron, verificó ingeniosamente esta determinacion importante. Habiendo observado que una estrella brillante, llamada *canopo*, aparecia elevada 7° ½ sobre el horizonte de Alexandría en Egipto, y no hacia mas que asomar por el de Rhodas, infirió que Rhodas distaba de Alexandría en la direccion del meridiano la 48.ª parte del círculo (*35*). De esta observacion sacó tambien otra conseqüencia importante, á saber, que conociendo la distancia de Rhodas á Alexandría en medidas itinerarias, y la relacion entre el arco de meridiano comprehendido del

(1) Condillac, *Del' art de Raisonner.*

uno al otro pueblo con la circunferencia entera, se sacaria la longitud de esta circunferencia expresada en medidas itinerarias; y como la distancia de Rhodas á Alexandría, segun la duracion de las navegaciones, y el camino que una nave en aquel tiempo corria diariamente, se estimaba en 3750 estadios; repetida esta distancia 48 veces, produxo 180000 estadios por valor de la circunferencia terrestre. La exâctitud de este resultado no está bien acreditada, porque se ignora el valor del estadio en que se expresó; y por otra parte parece no se apoya mas que en estimaciones algo vagas (1). Norwood, ingles, midió en 1635 el arco de meridiano entre Lóndres y Yorck, empleando ya grandes instrumentos, y se acercó á la verdad, determinando el valor del grado en 133700 varas; pero ninguna de quantas tentativas se habian hecho para determinar la magnitud de la tierra, es comparable con las operaciones emprendidas en Francia en 1670. Entónces se creyó haber conseguido las verdaderas dimensiones del globo terrestre, combinando la observacion de la diferencia de altura de polo de dos puntos de la tierra situados sobre el mismo meridiano, con la determinacion de la distancia itineraria entre estos dos lugares medida tan exâctamente como la permiten los métodos de la geodesia y de la trigonometría. En efecto, habien-

(1) Por eso, despues de mil investigaciones sobre estas y otras medidas de la antigüedad, quedó sin conocerse el valor de un grado de la tierra, y por consiguiente la magnitud de toda ella. Snellio y Riccioli, que á principio del siglo XVII discutiéron esta materia, y la quisiéron aclarar con nuevas operaciones, discrepaban aun 17617 varas en la extension que diéron al grado, es decir mas de $\frac{2}{8}$ en la circunferencia de la tierra.

do substituido Picard, uno de los primeros miembros de la Academia de las Ciencias de Paris, á las pínulas con que se tomaban los alineamentos en los instrumentos destinados á medir ángulos, los anteojos, que permiten apuntar á objetos mas distantes y distinguir con mayor exâctitud los puntos que se han de determinar, pudo medir con la precision de algunos segundos los ángulos que ántes no se marcaban sino con error de algunos minutos; y qualquiera que tenga nociones de la geometría elemental, y alguna idea del modo de determinar en la tierra la posicion respectiva, y la distancia de los lugares por un encadenamiento de triángulos, conocerá quanta ventaja debia dar á Picard este grado de perfeccion, añadido á los instrumentos, sobre los geómetras que ántes de él intentáron medir la magnitud de la tierra, determinando la de un grado del meridiano.

61 Picard executó su operacion entre Malvoisina cerca de Paris y Amiens; y para fixar primero la distancia itineraria que separa estos dos puntos, los unió con la Catedral de Amiens por una serie de triángulos, como se ve en la figura 26, cuyos ángulos observó sucesivamente; y con esto tuvo en cada triángulo un medio precioso de verificacion, porque la suma de los tres ángulos de un triángulo debe constantemente hacer 180°. Es verdad que casi nunca consiguió esta suma; pero como las diferencias que observó no pasaban de un corto número de segundos, ellas mismas le mostráron el grado de precision á que podia tener esperanza de llegar. Por otra parte, aunque del conocimiento de los ángulos de un triángulo no se deduce mas que la relacion

que hay entre sus lados, si se averigua el valor de un solo lado, se halla el de los otros. Picard lo consiguió midiendo con prolixidad desconocida hasta entónces, una distancia de mas de 13213 varas en el camino de Villejuif á Juvisy, con cuya línea, que en la figura está representada por A B, y que forma uno de los lados del triángulo A B C, calculó los lados A C y B C, y empleó luego á estos para calcular los de los triángulos B C D y A C E, ligados con el precedente, llegando así de estacion en estacion desde Malvoisina hasta Amiens, puntos que terminan su operacion; y midió ademas una nueva base cerca de *Sourdon*, la que por esta medida, como por el cálculo, resultó de 9104,6 varas, con lo que adquirió la mayor prueba de la confianza que merecian su operacion y sus cálculos: despues de esto todavía restaba que deducir la extension de la línea que une ámbos puntos, y orientarla con respecto al meridiano de Paris, á fin de sacar la distancia en la direccion del mismo meridiano; y últimamente determinar con precision la *amplitud* del arco medido sobre este círculo, es decir, el número de grados y partes de grado de que constaba para inferir su relacion con la circunferencia entera: para lo 1.°, puesto el observador, por exemplo, en el observatorio de Paris (*fig.* 27), se observa en el momento de ponerse el sol, el ángulo entre el centro de este astro y un objeto visto desde el horizonte, v. g. la torre de *Monthleri*, que fue uno de los puntos de la cadena de los triángulos: como los movimientos del sol son bastante conocidos para que se sepa á qué distancia del meridiano nace ó se pone cada dia, en averiguando á qué distancia

de Monthleri se ha puesto, se infiere la distancia de este punto al meridiano que pasa por el observatorio de Paris; se repite esta observacion muchas veces en la cadena de los triángulos para asegurarse de la direccion de la meridiana, y sobre esta línea se cuenta la distancia itineraria que debe servir en la determinacion del grado.

62 Para la segunda parte de su operacion, que dependia de la observacion de los astros, es decir, para sacar la diferencia de altura de polo de los dos extremos, prefirió Picard la estrella puesta en la rodilla de la constelacion de *Casiopea*, porque hallándose poco distante del zenith, estaba ménos afectada de aquellas impresiones de la atmósfera, que baxo el nombre de *refracciones* alteran mas sensiblemente, y de un modo no bien conocido aun en aquel tiempo, la altura de los astros quando estan entre el zenith y el horizonte. Por este medio halló que la diferencia de altura entre Malvoisina y Sourdon cerca de Amiens, era de 1° 11′ 57″, que correspondia en la direccion del meridiano á una distancia de 68430 toesas, y deduxo por consiguiente el valor ó extension del grado de 57064 toesas, ó 133149,3 varas castellanas. Halló tambien entre la Catedral de Amiens y Malvoisina una diferencia de altura de polo de 1° 22′ 55″, y una distancia de 78850 toesas, cuyo resultado daba al grado 57050 toesas: Picard adoptó el valor medio de 57060 ó 133140 varas; y con él fácilmente deduxo la circunferencia de la tierra, suponiéndola circular, pues debia en tal suposicion constar, como toda circunferencia de círculo, de 360 grados, y halló, dividiendo el grado en veinte partes llamadas *leguas marinas*, cada una

de 2853 toesas, que la tierra tenia 7200 leguas de circunferencia.

63 Esta medida célebre, y capaz de inmortalizar por sí sola el brillante reynado de Luis XIV de Francia, demostró que si la tierra no era una esfera exâcta, á lo ménos se diferenciaba muy poco de esta figura. Es verdad que á mas de las pruebas anunciadas (57), la redondez aparente de todos los cuerpos celestes que tienen diámetro sensible, era indicio muy poderoso de la esfericidad de la tierra; pero, sin embargo, como estos diversos fenómenos no presentaban la forma redonda mas que muy en pequeño, podia suceder que hubiese entre esta forma y la verdadera figura de la tierra diferencias notables no bien conocidas. Mas luego que los navègantes empleáron de continuo en la determinacion de su ruta, y en el cálculo de las distancias que andaban, la magnitud de los grados del meridiano deducida de las operaciones de Picard: si la igualdad de estos grados en toda la tierra no hubiera sido, á lo ménos, muy aproxîmada, lo que no podria suceder siendo la figura de la tierra muy diferente de una esfera, no hubieran dexado de hallar en el resultado de sus operaciones diarias errores considerables, y todos relativos á esta falsa suposicion; y no habiéndose hallado jamas tales errores en lo tocante á la altura, que es la única que se puede siempre observar con bastante exâctitud en la mar, resultaba una perfecta confirmacion de la hipótesis hecha sobre la figura de la tierra. Su diámetro, calculado por la circunferencia, es, en esta suposicion, de 2292 leguas; su radio por consiguiente de 1146, y su extension en superficie de 16502400 leguas quadradas.

## [illegible] V.

[illegible] explica [illegible]

[illegible] grados [illegible] podia [illegible] meridional de la [illegible] y las gra- [illegible] de la astronomía [illegible] figura de la tier- [illegible] de una esfe- [illegible] de su rotacion diur- [illegible] á proporcion [illegible] con [illegible] de las estrellas (z) pare- [illegible] mismo sentido y en el [illegible] de un punto que lla- [illegible] ante cree- [illegible] comun, en [illegible] otros, y aun [illegible] en el mis- [illegible] las estrellas, [illegible] vulgares, sino tam-

bien los astrónomos juzgáron, durante muchos siglos, que el sol y las estrellas estaban agarradas á una bóveda sólida, y que esta las arrastraba en su revolucion en 24 horas al rededor de la tierra; sin embargo, quando se exâminó con mas imparcialidad y espíritu despreocupado la grandeza y construccion de los cuerpos que pueblan el universo, y se hiciéron comparaciones entre sus volúmenes, distancias y disposicion, y la naturaleza del globo que habitamos, fue preciso reformar esta conjetura, aunque consagrada por el consentimiento de muchos siglos, y los hombres se persuadiéron que el movimiento general de los astros no era mas que apariencia producida por un movimiento real que la esfera terrestre executaba en sentido contrario al rededor de un diámetro ó exe cuya prolongacion pasaba sensiblemente por la estrella polar, la única que se habia creido inmoble en los cielos. El inmortal Nicolas Copérnico fue el primero que en el siglo XVI de nuestra era, con espíritu verdaderamente filosófico, y con el auxîlio de una larga y profunda meditacion, presentó esta importante verdad insinuada ya, aunque sin bastantes pruebas, en las escuelas de la antigua Grecia, al exámen de los hombres sensatos, y á los tiros interesados y malignos de la ignorancia presuntuosa, y de la ciega supersticion (1).

(1) Copérnico, autor del verdadero sistema del mundo, nació en Thorn en la Prusia en 1473, y de jóven concibió un extraordinario entusiasmo por el estudio de la astronomía, á cuyos encantos se dedicó exclusivamente desde que hecho Canónigo de Fruenberg tuvo ocio y comodidades. En este pueblo, en el seno del reposo, en la soledad, donde hay siempre menos preocupaciones, y es mas poderoso el imperio de la razon, fue donde concibió, meditó y estudió la idea del sistema que lleva su

66 Para dar la explicacion de todas las apariencias por medio de este sistema (si puede llamarse todavía *sistema* una verdad en cuya confirmacion se amontonan las pruebas mas convincentes), es preciso que el lector se traslade con su imaginacion fuera de la tierra, y no la considere mas que como un globo colocado en medio de un espacio indefinido en todos sentidos: el exe ó línea de la tierra, dirigida al polo celeste, señalará sobre la superficie de este globo dos puntos opuestos que son los *polos terrestres*, de los quales el que corresponde á la estrella polar se llamará tambien polo *septentrional del norte* ó *ártico*, y el opuesto, polo *austral*, *sud* ó *antártico*: el punto del horizonte que corresponde al polo del norte, será el *norte* ó *septentrion*, y el punto opuesto, el *sud* ó *mediodia*: la línea que va del punto norte del horizonte al punto del sur, se llamará *meridiana*, y marcará sobre la superficie terrestre la seccion del *meridiano celeste*, ó de aquel semicírculo que pasando por los polos divide en dos partes iguales el emisferio celeste comprehendido sobre el horizonte, y dá el instante del mediodia en el momento que el sol se presenta en frente de él (1). Finalmente, una perpendicular á la meridiana que se imagine

nombre, trabajando y reflexionando en él desde la edad de 39 años hasta la de 70, en cuya época publicó al fin su libro de *Revolutionibus cælestibus*. Murió Copérnico en el momento en que el hijo de sus vigilias salia á luz. No pudo vivir para defenderlo; pero su genio, y la fuerza de la verdad le defienden.

(1) Así, marcando sobre una superficie horizontal dos puntos en la direccion de la estrella polar, determinarán una línea que se diferenciará muy poco de la meridiana. Mas adelante se darán otros medios para trazarla exâctamente.

prolongada de una y otra parte hasta los términos del horizonte, determinará en este círculo los dos punto opuestos, el de *este*, *oriente* ó *levante*, por donde vemos á los astros comenzar su carrera diaria ó *nacer*; y el de *oeste*, *occidente* ó *poniente*, que es el lado por donde les vemos esconderse baxo del horizonte ó *ponerse*, completando así su movimiento diurno aparente en direccion de *oriente á occidente*. Se hará esta doctrina todavía mas sensible consultando la figura 28, donde M E N O representa el horizonte en cuyo céntro está situado el observador A; B C D, B′ C′ D′ son las porciones de círculo que los astros parece describen al rededor del polo celeste P: aquellos astros, cuya distancia á este punto es menor que el arco P N, altura del polo sobre el horizonte, parece que describen círculos enteros, como G H I K, y se llaman *circumpolares*: N es el norte del horizonte, M el mediodia, y M A señala por consiguiente la línea meridiana: el semicírculo M Z N, cuyo plano se supone perpendicular sobre el horizonte M E N O, y que pasa por los puntos N y M, es el meridiano celeste que corta en los puntos C y C′ á los arcos B C D, B′ C′ D′ en dos partes iguales: E es el oriente ó *este* del horizonte, y el punto O el poniente ú *oeste*: los astros parece que se mueven de E hácia O, y que pasan en el medio de su carrera por alguno de los puntos del círculo M Z N.

67 Pero todas estas apariencias se explican perfectamente suponiendo quietos á los astros y al sol, y dando á la tierra un movimiento sobre su exe. La fig. 29 representa el globo terrestre aislado; el punto A se supone el lugar del observa-

dor, E M O N su horizonte sensible (1), y la recta P P′ señala la línea de la tierra dirigida á los polos del mundo, ó el exe al rededor del qual la tierra executa su movimiento de rotacion de occidente á oriente. Es innegable que si el horizonte del observador gira con él, como es preciso, durante la rotacion del globo, se adelantará succesivamente hácia los astros situados en la direccion de su movimiento, los quales por consiguiente parecerá que caminan en direccion opuesta para acercarse á este plano. El otro plano M Z N del meridiano, elevado sobre la línea meridiana M N perpendicularmente al plano horizontal E N O M, gira tambien con este último, y se dirige sucesivamente hácia los varios astros que pueblan el cielo, los quales se hallan entónces en medio del espacio que parece que recorren sobre el horizonte. Quando el borde occidental del horizonte ha llegado á un astro, parece que este astro se pone, y dexa en seguida de ser visible hasta que el movimiento de la tierra haya traido de nuevo sobre él al borde oriental del horizonte, porque durante este intervalo, los rayos visuales que van desde la tierra, pasan mas allá del parage ó punto donde está el astro. Así esta explicacion corresponde á las apariencias de un modo tan exácto como sencillo, y da razon perfectamente de la aparicion y desaparicion diaria de los astros, circunstancias por las quales el sol produce la alternativa del dia y de la noche, llamándose *dia* la presencia del horizonte delante del astro luminoso, y *noche* la falta de su vista.

68 Es cierto que para admitir, á pesar de to-

(1) Su horizonte racional (*16*) será m n, y su zenith Z (*17*).

das las preocupaciones (1), el movimiento diurno de la tierra, y colocarle en el número de las verdades fundamentales de la astronomía, no han concurrido pruebas directas y sensibles. Hay cosas en la natureleza que jamás verémos con los ojos corporales, y no debemos extrañarlo, supuesto que sobre la misma tierra, que es nuestro imperio, y donde podemos llegar á ellas para tocarlas, reconocemos que los ojos nos engañan continuamente acerca de la magnitud, la distancia y el movimiento de los objetos (2). El argumento fundado sobre la analogía y la verisimilitud, es casi siempre mas seguro que el testimonio

(1) „Tenemos, dice con su acostumbrada gracia Fontenelle, un espíritu muy curioso y malos ojos. Así los verdaderos filósofos pasan su vida en no creer lo que ven, y en procurar adivinar lo que no ven; condicion por cierto nada envidiable.' En otra parte añade. „Los hombres nos parecemos á aquel loco de Atenas, á quien se le puso en la cabeza que todas las embarcaciones que llegaban al puerto del Pireo eran suyas; nosotros, con ilusion semejante, creemos tambien que toda la naturaleza sin excepcion está destinada á servirnos; y así quando se pregunta á nuestros filósofos á que son tantas estrellas fixas, de las quales pocas bastaban para hacer lo que hacen todas, responden friamente que sirven *para divertir y recrear la vista.* Sobre este principio imaginaron que la tierra por precision debia estar en reposo en el centro del universo, mientras todos los cuerpos celestes, formados para ella, se tomaban el trabajo de dar vueltas al rededor de la tierra, con el fin de iluminarla." *Les Mondes, premier soir.*

(2) Del mismo modo que quando estamos en un barco, abandonados á la corriente tranquila de un rio, si alguna sacudida violenta no nos advierte que mudamos de sitio, nos parece que los objetos situados en las orillas ó márgenes son los que se mueven en sentido opuesto á nuestro movimiento, que no advertimos; así tambien es natural atribuir á la tierra el movimiento comun que se observa en el sol y las estrellas, y esta explicacion es tanto mas plausible, quanto sobre recomendarla su misma sencillez, se confirma mas y mas por el análisis exâcto de los fenómenos, y por el acuerdo de las observaciones con sus resultados.

de los sentidos; y este argumento no dexa dudar de la rotacion de la tierra para explicar el fenómeno de la aparicion y desaparicion diurna de los astros, y sucesion del dia y de la noche. Supongamos, dice el elegante y desgraciado historiador de la astronomía (1), que la tierra está quieta, y que el cielo se mueve al rededor de ella en 24 horas; entónces es preciso que se muevan infinitas estrellas, las quales conservan sin embargo entre sí los mismos espacios y las mismas distancias, y apesar de este movimiento repetido todos los dias, no han sufrido mudanza alguna sensible en sus configuraciones desde la existencia del mundo. La imaginacion se espanta de la rapidez que debemos suponer en tal movimiento (2), pues qualquiera que sea la distancia de las estrellas, no puede dexar de ser tan grande, que una esfera, cuyo radio se suponga igual á esta distancia, se habrá de mover con una velocidad á lo ménos de 18400 leguas por segundo, siendo así que el globo de la tierra satisfaría á las mismas apariencias moviéndose sobre sí mismo con la velocidad de 555,33 varas por segundo, es decir, dupla solamente de la de una bala de ca-

(1) Bailly, *Histoire de l'astronomie moderne.*

(2) La distancia del sol á la tierra, segun demuestra la astronomía, es de 22918 semidiámetros de nuestro globo; y la del planeta *Saturno* de 218431. No admite duda que las estrellas estan mas allá de la *orbita* de Saturno; pero aun quando supongamos que no distan de la tierra mas que este planeta, el radio de su esfera constará á lo ménos de 218431 semidiámetros terrestres. Calculada la circunferencia que corresponde á este radio, se hallará que si las estrellas se mueven al rededor de la tierra, ha de ser andando unas 18 mil leguas en cada segundo de tiempo, velocidad enorme; en vez que si la tierra se mueve sobre sí misma, los puntos de su equador no andan mas que 7200 leguas en 24 horas, ó unas 555 varas en cada segundo.

ñon. Embarazados los antiguos, considerando tanta ligereza, y tanto órden al mismo tiempo en el movimiento de las estrellas, las supusiéron pegadas á una esfera de cristal que las arrastraba á todas de una vez, sin alterar sus distancias recíprocas: pero ¿cómo podia este movimiento transmitirse á los otros cuerpos celestes llamados *planetas*, que estan situados baxo de las estrellas á diversas distancias, y sujetos á un movimiento propio, diferente y contrario al movimiento diurno? (1) Si se suponia que cada planeta tenia su esfera sólida, ¿cómo si estas esferas estaban enlazadas por algun medio con la esfera de las estrellas, obedecian los planetas á un movimiento contrario? ó si todas estas esferas no tenian enlace ni formaban un todo, ¿cómo se les transmitia el movimiento diurno y universal? Por otra parte los *cometas* quebraban estos cielos de vidrio, atravesándoles en todas las direcciones; y al mismo tiempo quando estos astros se dexan ver, bien se les suponga cuerpos transeuntes, bien criados para la eternidad, cedian al movimiento general, executando su revolucion diurna al rededor de la tierra. Para

(1) Observando los hombres con freqüencia y atencion, distinguiéron luego en el cielo dos clases de astros, unos que conservan entre sí las mismas distancias y disposicion, no pareciendo afectados mas que de su movimiento aparente, que resulta de la rotacion de la tierra sobre su exe, y a estos llamáron propiamente *estrellas*; y otros que á mas tienen un movimiento propio, que les hace mudar de situacion tanto unos respecto de otros, como con relacion á las estrellas, á los que llamáron *planetas* quando les advertian sujetos á movimientos de un periodo no muy largo y conocido; y *cometas* quando á mas de presentar en su figura ciertos caracteres particulares, aparecen de raro en raro, y su vuelta ó retorno á los puntos del cielo desde donde se nos dexan ver, no puede calcularse con tanto rigor y exâctitud.

obviar tales dificultades, los orientales diéron á cada planeta una *inteligencia* que le conduxese; y en efecto bien se necesitaba que hubiese muchas, y que trabajasen sin pereza para conducirles con tanta constancia y regularidad executando movimientos contrarios. No sin razon llamáron los antiguos á los astros *milicia celeste*, porque nunca exército alguno se ha apartado ménos de sus líneas, ni ha caminado con mas disciplina que la que ellos les prescribian en su marcha. Todos estos absurdos no tienen otro objeto que el de dexar á un *grano de arena* quieto en un rincon del universo, y todos se evitan haciendo mover cada dia sobre sí mismo á este grano de arena; siendo muy digno de observarse que los que niegan el movimiento de la tierra, no pueden probar que no exîste, pues las apariencias son absolutamente las mismas, bien se mueva el cielo al rededor de nuestro globo, bien este sobre sí mismo; á lo ménos, pues, la eleccion es libre entre las dos suposiciones, ó mas bien no es ya libre quando debe hacerse entre causas absurdas ó aun imposibles, y una causa verosimil y sencilla (1).

69 Supuesto que la tierra gira sobre sí misma, parece que á cada momento debiamos mudar de ayre y respirar el de otro pais; pero no sucede así, porque el ayre que rodea la tierra, á la altura de 2 leguas apénas es sensible, y así nos sigue y gira con nosotros. „A la manera, dice Fon„tenelle, de lo que sucede con los capullos que

(1) La rotacion de la tierra adquirió nuevos grados de verosimilitud, ó mas bien nuevas pruebas de su existencia, despues que Domingo Casini observó que Júpiter, planeta 1246 veces mas voluminoso que la tierra, gira sobre sí mismo en 9h 56′; y que Marte y Venus hacen tambien sus rotaciones, el 1.° en unas 24 horas, y el 2. en 23h 15′.

„trabajan los gusanos de seda para encerrarse en „ellos, y que son de seda muy apretada, pe„ro están cubiertos de cierto bello muy ligero „y floxo: así la tierra, que es bastante sólida, se „halla cubierta desde su superficie hasta cierta al„tura de una especie de bello, que es el ayre, y „todo el *capullo del gusano de seda* con su cu„bierta gira al mismo tiempo." Mas allá del ayre está la materia celeste, incomparablemente mas pura y sutíl. Lo que no admite duda es, que si pudiera trasladarse un hombre á las regiones superiores á la atmósfera, con solo estar allí 24 horas sin movimiento, veria por un efecto de la rotacion de nuestro globo presentarse sucesivamente á su vista todas las naciones y pueblos que la habitan; y toda la infinita variedad que ofrece la superficie de la tierra, seria el espectáculo magnífico de que disfrutaria con asombro en aquel corto intervalo. Esta idea grandiosa y sublime ofreció digresiones interesantes á la fecunda pluma de Fontenelle en su égloga intitulada *Entretiens sur la pluralité des mondes, premier soir.*

70 Luego que se propagó entre los sábios la elegante explicacion de las apariencias diurnas del cielo por medio de la rotacion de la tierra, empezó á dudarse de su perfecta esfericidad, hasta entónces supuesta sin rigoroso exámen. *Huyghens*, astrónomo Holandés del siglo XVII, bien célebre por su descubrimiento del *anillo de Saturno* y por las mejoras que introduxo en los instrumentos de observacion, fue el primero que considerando que los cuerpos que giran al rededor de un centro ó exe, adquieren una *fuerza centrífuga* que tira sin cesar á alejarles de este centro ó exe, como se vé tirando una piedra con la honda, infi-

rló que el fluido esparcido sobre gran parte de la superficie de la tierra, en la precision de obedecer á esta fuerza al mismo tiempo que á la gravedad dirigida hácia el centro de nuestro globo, no podia tomar ni retener la forma perfectamente esférica, sino achatada hácia los polos, de suerte que el exe de rotacion fuese mas corto que los diámetros del equador $\frac{1}{578}$ ó 4 leguas (1). Esta conseqüencia de Huyghens, sacada de la fuerza centrífuga, se hace sensible moviendo á una vexiga humedecida al rededor de un exe, pues veremos que toma entónces la forma de esferoide achatada en las extremidades contiguas á este exe. Newton, á quien sus profundas meditaciones so-

(1) Daré alguna extension á los principios en que fundaron su teoría Huyghens y Newton. Las leyes de la física enseñan que ningun cuerpo puede moverse al rededor de un centro, sin hacer continuamente esfuerzos para alejarse de él, esfuerzos tanto mayores quanto describe un círculo mayor en tiempo señalado, y por consiguiente hay en él mayor *fuerza centrífuga*; es así que supuesta la rotacion de la tierra todas sus partes describen en el mismo tiempo ó en cerca de 24 horas círculos; luego hay en toda la superficie terrestre fuerza centrífuga, y esta fuerza será desigual segun los distintos parages, porque los círculos descritos son desiguales. El mayor círculo lo describen los puntos equidistantes de los polos, ó correspondientes al equador celeste, y cuya sucesion forma el *equador terrestre*. La simple inspeccion de una esfera lo pone á la vista. Todos los otros círculos van siendo menores sensiblemente á uno y otro lado del equador, de suerte que los que terminan en los polos pueden mirarse como dos puntos; por consiguiente la fuerza centrífuga maxima estara baxo el equador, y menguará como los *paralelos* extinguiendose en los polos. Como esta fuerza centrífuga es contraria á la *gravedad*, o diametralmente opuesta á la tendencia que tienen todos los cuerpos de dirigirse hácia el centro, se sigue que la gravedad será menor ó las partes de la materia menos pesadas, o estaran mas apartadas del centro de la tierra baxo el equador, que baxo los polos; por otra parte el equilibrio de las aguas que cubren buena parte

bre las leyes observadas por Keplero en el movimiento de los planetas (1), conduxeron al descubrimiento de la gravitacion universal no mirando á la pesantez ó gravedad en la superficie de la tierra como fuerza constante dirigida siempre hácia el centro de nuestro globo, sino como el resultado de la atraccion recíproca que exercen unas sobre otras todas las moléculas de la tierra, halló que esta fuerza variaba algo en intensidad y direccion quando no se suponia á la tierra esférica, y combinándola en este estado con la fuerza centrífuga vió del mismo modo que Huyghens que la tierra debia ser achatada hácia los polos, pero halló la diferencia entre el exe de rotacion y los diámetros del equador algo mas que doble, pues la fixó en $\frac{1}{230}$ ó cerca de 10 leguas.

71 Las observaciones de Júpiter, debidas á Casini, astrónomo italiano del siglo XVII, confirmáron la teoría de Newton: midiendo los diámetros de

de la tierra exîge que todo lo que la superficie del mar se aleja por un parage del centro del globo se acerque por otro, á fin de que las columnas sean iguales, las que van del equador al centro mas largas, porque son menos pesadas, y las que parten de los polos al mismo centro mas cortas, porque tienen mas pesadez, compensándose así recíprocamente *pesadéz* y *largo*; infiérese, pues, que es menor la distancia de los polos al centro de la tierra que la de los puntos situados en el equador, y que por consiguiente nuestro globo es *achatado hácia los polos, y elevado hácia el equador.*

(1) Keplero, astrónomo aleman del siglo XVII, se puede llamar el legislador de los planetas. Las leyes á que demostró estaban sujetos, y cuya verdad resulta siempre con asombro de las observaciones y teoría, son: 1.ª Que los planetas describen elipses en cuyo foco está el sol. 2.ª Que los quadrados de los tiempos de sus revoluciones son como los cubos de sus distancias medias al sol. 3.ª Que las areas son proporcionales á los tiempos que emplean en describirlas. Estas leyes se verifican igualmente en los satélites y cometas.

este planeta que gira sobre sí mismo, se halló que su figura esférica estaba alterada por la fuerza centrífuga en tales términos, que el exe de rotacion es á su equador como 13 á 12; de donde se infirió que á la tierra debe suceder lo mismo proporcionalmente á su volumen y á la menor velocidad de su rotacion. Comprobáron lo mismo, aun mas decisivamente, y diéron orígen á las referidas teorías de Newton y Huyghens las observaciones del péndulo hechas á 5° del equador hácia el N. El físico frances Richer, enviado á fines del siglo XVII por la Academia de las Ciencias de Paris á la *Cayena*, pais de la América meridional, halló que su relox de péndola, que señalaba perfectamente las horas, arreglado en Paris, retardaba allí cada dia 2′ 28″; pero si la aguja del relox señàla ménos segundos en el intervalo de una revolucion diurna aparente de los astros, es porque el péndulo hace ménos oscilaciones, y si el péndulo hace ménos oscilaciones, es porque teniendo ménos pesadéz cae mas lentamente en la vertical, en cuya caida es quando la aguja del relox señala los segundos sobre el quadrante. Es cierto que el calor podria producir el mismo efecto alargando la vara del péndulo, pues en igualdad de circunstancias, un péndulo mas largo oscila mas lentamente; pero despues de calcular lo que los calores observados en Cayena podrian alargar la vara del péndulo, se vió que por ningun título eran bastantes para causar en el movimiento de la aguja el retardo de 2′ 28″ por dia. Resultaba pues, que la gravedad es menor en el equador, y por consiguiente que los puntos del círculo equatorial distaban mas del centro de la tierra que los situados en el paralelo de

Paris, ó que la tierra era achatada hácia los polos. Posteriormente Bouguer en el Perú, La-Caille en el Cabo de Buena Esperanza, Mairan y Borda en Paris, Mallet en Petersburgo y en Laponia, Maupertuis en Pello en la misma Laponia, los compañetos de Phips en Spitzberg y otros físicos en distintos parages del globo, han repetido las experiencias del péndulo, y de todas se deduce que para qué éste señale los segundos ó haga una oscilacion en cada segundo, es preciso acortarlo ó dar ménos longitud á la varita á proporcion que se fixa mas cerca del equador, y por consiguiente que la pesadez de los cuerpos disminuye hácia el equador y se aumenta hácia los polos en progresion regular; de modo que un cuerpo que pesa 100000 libras en Francia, en el equador no pesará mas que 99533, miéntras en Laponia su peso ascendería á 100157.

72 Todas estas conclusiones, aunque diferentes en la cantidad del resultado, acordes entre sí en la alteracion que la figura de la tierra habia recibido de la fuerza centrífuga, y fundadas por otra parte sobre las experiencias mas bien acreditadas y sobre los principios incontestables de la mecánica, se han verificado al mismo tiempo y hasta nuestros dias por las medidas tomadas en el globo terrestre, que debian decidir irrevocablemente la qüestion; porque si la figura de la tierra era qual se deducia de las experiencias del péndulo y de las teorías de Newton y Huyghens, resultaria que los grados no eran iguales en toda la extension del meridiano, sino mayores, ó compuestos de mayor número de medidas itinerarias en la parte achatada del meridiano, es decir, hácia los polos, y menores en la parte mas

convexâ del mismo ó hácia el equador. Una conseqüencia que estriba en las primeras nociones de la geometría elemental, tiene toda la certidumbre geométrica, y no pueden impugnarla sino aquellos que no comprehenden lo que se debe entender por *grados de meridiano*, y *cómo se miden;* por lo qual, y en atencion á la importancia del objeto, paso á explicarlo con claridad (1).

73 Confirma la experiencia mas repetida é incontestable, que la direccion de la gravedad ó la *vertical* es perpendicular á la superficie terrestre, qualquiera que sea su forma; las nivelaciones, las observaciones hechas en el horizonte, en la orilla del mar, &c., comprueban esta verdad diariamente. Conforme á ella, *se han convenido los astrónomos en llamar grado del meridiano al espacio que se debe andar sobre esta curba, qualquiera que sea, para que las dos líneas AZ y A' Z' (fig. 18), tiradas por las extremidades de este espacio, perpendicularmente á la curba FG, es decir, á sus tangentes A M, A'M' que señalan el horizonte del punto A y del punto A', hagan entre sí un ángulo AC A' de un grado.* Siendo este supuesto una definicion, no puede contestarse. Resta solo saber si los astrónomos han determinado siempre los grados del meridiano segun la definicion; pero esto es tambien indudable, porque han medido siempre la amplitud del arco, comparando á una misma estrella el zenith de cada extremidad de este arco, ó las verticales tiradas

(1) Recientemente, y con argumentos ingeniosos, pero sofísticos y fundados en el embrollo que hace de las primeras verdades de la geometría y de la teoría de las curvas, ha atacado esta doctrina y deslumbrado á algunos poco inteligentes Bernardino Saint Pierre en sus *Etudes de la nature.*

por los dos puntos que le terminan; ó averiguando el ángulo que forma la estrella con el zenith de ellos.

74 Con efecto la amplitud del arco comprehendido entre dos pueblos, por exemplo, entre Paris y Amiens, que están en el mismo meridiano, se determinaria directamente si desde el centro de la tierra se observase el zenith de ámbos, y se midiese con un quarto de círculo el ángulo que forman; esta misma operacion puede hacerse desde Paris y Amiens, porque en la distancia inmensa de nosotros á las estrellas, el semidiámetro de la tierra es nada, y por consiguiente el ángulo formado por las líneas tiradas desde los dos zenithes resulta el mismo, bien concurran en la superficie, bien se las prolongue hasta el centro; pero no pudiendo verse los dos zenithes á un tiempo toman los astrónomos una estrella como X (*fig. 18.*) situada entre ámbos, y entónces el ángulo Z C Z′ que determina el arco del meridiano entre Paris y Amiens, se compone de otros dos, uno es Z C X formado por la vertical de Paris y la línea tirada á la estrella, y otro el X C Z′ formado por esta línea y la vertical de Amiens. Si para la observacion se escogiese una estrella situada fuera del ángulo de los dos verticales, y mas allá del zenith de Amiens, resultará el valor del ángulo que forman las dos verticales, restando del ángulo comprehendido entre la vertical de Paris y la línea tirada á la estrella el formado mas allá de las dos verticales, ó comprehendido entre la vertical de Amiens, y la línea dirigida desde este pueblo al astro. Se vé pues, que la amplitud del arco del meridiano es lo mismo en la astronomía que el ángulo interceptado entre las verticales de los extremos; si este ángulo es de 1, 2 ó 3°, el arco lo será igualmente.

75 Esto supuesto, si la curba F G es un círculo, las líneas A C, A′C, perpendiculares á sus tangentes, no siendo mas que los radios tirados al centro, se encontrarán siempre á la misma distancia de la curva, y lo mismo sucederá á todas las verticales tiradas á qualesquiera puntos de la superficie, como B C D &c; así en toda la extension de la circunferencia el mismo ángulo corresponderá al mismo arco, y los grados tendrán por consiguiente la misma longitud. No sucederá esto en las curvas, cuya curvatura no es uniforme; pues si se toman dos arcos de la misma longitud, como M M′ y m m′ (*fig. 19.*) el uno en la parte mas achatada, y el otro en la mas convexâ, las perpendiculares M C y M′C tiradas á las extremidades del arco mas convexô, se encontrarán mas cerca de este arco, que las perpendiculares m c, m′c tiradas á los extremos del arco mas achatado m m′. Luego el ángulo m′c m es visiblemente menor que el M′C M, y por consiguiente si este último es de un grado, el arco mm′ igual en extension ó longitud á M M′ no corresponde á un grado; y así será preciso para tener este ángulo en la parte m P de la curva, tomar un espacio mayor que M M′.

76 Con esta doctrina quedan, segun me parece, fixadas las nociones sobre la medida de los grados del meridiano con bastante precision para que no quede duda alguna acerca de las consequencias que se sacan de su desigualdad. En efecto, no puede negarse, en vista de ella, que donde dichos grados son mayores, la curba del meridiano es mas achatada, y mas convexâ donde son menores. A principios del último siglo, por no haber tenido presentes estas nociones, infirieron al-

gunos matemáticos todo lo contrario, porque se suponia que los grados estaban determinados por los ángulos M O M′, m O m′ formados por líneas tiradas al centro de la elipse E P′ E′ P; pero semejante hipótesi era poco conforme á las operaciones, porque como las líneas O M y O M′, O m y O m′ no son perpendiculares á la curva, se diferencian por consiguiente de las verticales á que se refieren los puntos del arco celeste. Así se conoció muy pronto el error, y solo lo han renovado despues algunos escritores, absolutamente forasteros en las mas simples consideraciones de la geometría.

77 Las primeras medidas daban un resultado contrario al que ofreciéron las teorías. Casini, que á principios del siglo XVIII, por medio de operaciones trigonométricas muy prolixas, midió todo el arco de meridiano que atraviesa la Francia, halló que los grados eran algo mas largos hácia el equador; y por consiguiente resultaba la tierra prolongada hácia los polos. Esta contradiccion entre las operaciones y la teoría, hizo mas reñida la qüestion de la figura de la tierra, y empeñó á la Academia de las ciencias de Paris á decidirla con medidas mas convincentes. Los partidarios del achatamiento de la tierra hácia los polos, observaban con razon que la diferencia de los grados del meridiano medidos en Francia por Casini era muy poco considerable, y que por lo mismo los errores mas ligeros en las observaciones habrian podido influir muy sensiblemente en los resultados. Propuso, pues, La-Condamine y aprobó el gobierno, un viage científico á medir algunos grados del meridiano cerca del equador, y poco despues, á propuesta de Maupertuis, se dispuso otro

con igual objeto á las heladas regiones que lindan con el polo arctico; haciéndose así las operaciones en dos arcos tan distantes, se resolvia terminantemente por la diferente extension de los grados medidos, la qüestion de la figura de nuestro globo, qüestion no inútil y vana, sino del mayor interes para la geografía y navegacion. El mismo Maupertuis, Clairault, Camus y Lemonier, acompañados del Abate Outhier y del profesor sueco Celsio, fuéron al Norte en 1735, y en la primavera del 36 ya estaban de vuelta en Paris, medido, acaso con demasiada priesa, un arco de meridiano en los bosques de la Laponia, á 23° ½ del polo arctico. Los académicos Godin, La-Condamine y Bouguer se encargáron de la expedicion eqüatorial, y executáron sus medidas en el Perú con un teson heroyco en vencer los infinitos obstáculos que se les presentáron, y con una escrupulosidad muy laudable en la serie y comprobacion de sus operaciones. Los resultados que arrojó cada comision, comparados ya entre sí, ya con el grado medido en Francia, pusiéron fuera de duda el achatamiento de la tierra hácia los polos; pero sin convenir reciprocamente en la cantidad de este achatamiento. El grado medido en el círculo polar del Norte salió 1561 varas mayor que el del equador, y el de Francia, mas corto que el del círculo polar, excedia sin embargo al del equador 716,3 varas.

78 Estas diferencias, demasiado considerables para poderse atribuir á los errores de las observaciones, prueban invenciblemente *que la figura del meridiano es achatada hácia los polos;* mas para determinar la diferencia entre el exe de rotacion y el diámetro del equador, era preciso conocer la naturaleza de la curba afectada al me-

ridiano. Las investigaciones teóricas de Newton y de sus sucesores, habian demostrado que esta curba podia ser una elipse. Pasando despues de esta posibilidad á la realidad de la hipótesi, se hallaron achatamientos muy diferentes, tanto de resulta de las medidas citadas, como de otras tomadas en diferentes tiempos y lugares (1); y la duracion de las oscilaciones de un péndulo, la que depende de la intensidad de la pesadéz, se ha visto tambien por repetidas experiencias, que disminuye en verdad yendo del equador al polo, segun lo exîge la mayor proxîmidad de los puntos del meridiano al centro de gravedad de la tierra en las cercanías del polo que en la circunferencia del equador; pero las variaciones de esta duracion, ó lo que es igual, la extension que se debe dar á la vara del péndulo para que este emplee en las diversas latitudes un segundo de tiempo en las oscilaciones, no conviene con el achatamiento deducido de la medida de los grados.

79 Algunos geómetras han creido hallar el orígen de tales diferencias en la imperfeccion de los instrumentos, ó en las circunstancias locales.

(1) El célebre La-Caille en el Cabo de Buena Esperanza, Masson y Dixon en Pensylvania, Boscovich y Maire en los estados del Papa, Beccaria en el Piamonte, Liesganig en Hungría, Thury y Casini en Holanda, Lambton en la península occidental de la India, han medido en diferentes épocas, desde mediados del siglo XVIII hasta nuestros dias, varios arcos del meridiano; y sus resultados estan en contradiccion con los de las medidas hechas en el Perú, y con la teoría del equilibrio de los fluídos. Los grados á veces se han hallado demasiado largos, y otras demasiado cortos, y se ha tenido por imposible hacerles entrar en una sola y misma línea curva, naciendo de aquí el dictámen de sabios de la mayor autoridad, que la *curvatura de la esferoide terrestre podia estar sujeta á algunas irregularidades.*

D'Alembert pensaba que los errores causados por la friccion del hilo vertical en los *sectores*, pueden llegar á 3 ó 4″ en el arco celeste; lo qual podria dar un error de 140 varas en cada grado terrestre. Acaso se originaron tambien errores en muchas de las medidas, de la atraccion lateral de las montañas que los físicos ya no dudan es capaz de desviar el hilo á plomo de su direccion vertical (1). Clairault y otros geómetras aclaran estas dificultades, demostrando que indican un aumento de densidad desde la circunferencia al centro en la materia de nuestro planeta, y prueban que suponiendo que la superficie terrestre sea de la clase de las que se llaman *superficies de revolucion* ó producidas por la rotacion de una curva al rededor de su exe, el equilibrio de los fluidos exîge necesariamente que su curva generadora ó su meridiano sea una elipse, cuyo exe menor pase por los polos.

80 Pero estaba reservado á la Francia, á la misma nacion que dió los primeros resultados precisos sobre la medida de los grados del meridiano, decidir, si fuera posible, tantas dificultades, repitiendo esta medida con exâctitud superior por medio del *círculo repetidor*, aplicado por Borda á las obsèrvaciones de las longitudes en la mar, y apropiado despues á las observaciones en tierra. Con este instrumento, y con escrupulosas

(1) Newton, que adivinaba todos los secretos de la naturaleza, calculó esta atraccion, de 2′ en una montaña de 3 millas inglesas de alta y 6 de ancha. Bouguer y La-Condamine observáron en 1739 cerca del *Chimborazo* en el Peru, que la fuerza atractiva de esta elevada montaña desviaba 8″ el hilo á plomo. Semejantes efectos se han experimentado en los Alpes, en el Apenino y en Escocia, donde Maskelyne ha repetido estas observaciones con nueva precision.

atenciones; los astrónomos Delambre y Mechain, encargados de medir el arco de meridiano entre Dunkerque y Barcelona, han verificado sus operaciones en la época mas borrascosa de la revolucion francesa, á saber, desde 1792 hasta 98, con bastante precision para notar en el mayor arco que hasta hoy se ha medido, y que sin embargo no es mas que la décima parte del quarto de círculo, la desigualdad de los grados que resulta del achatamiento de la tierra.

81 Han probado de nuevo estas medidas que los grados del meridiano disminuyen hácia el mediodia, y aumentan hácia el norte, siendo por consiguiente el globo achatado hácia los polos; confirman al mismo tiempo, que los aumentos y diminuciones de estos grados terrestres no siguen una regla matemática absolutamente precisa y constante, y que así un meridiano no es *una elipse regular*, sino *una curva de doble curvatura* (1); y dan tambien motivo para creer que cada meridiano está sujeto á curvaturas algo diferentes, de modo que la tierra no se puede llamar *exáctamente* esferoide de revolucion. Pero como estas irregularidades son infinitamente pequeñas, se las hace desaparecer en la teoría, suponiendo una elipse regular tirada de modo que se identifique en quanto sea posible, con el meridiano real, cuya curva puede llamarse *elipse osculadora*. La elipse osculadora del meridiano de Francia parece indicar un achatamiento de $\frac{1}{150}$; pero comparada con el grado del Perú, da la proporcion

(1) Ya Buffon en su *historia natural* propuso esta idea de la irregularidad de la esferoide terrestre; La-Condamine y Maupertuis la adoptáron tambien.

de $\frac{1}{334}$, proporcion adoptada despues de profundas discusiones por la *Comision de pesos y medidas* del instituto nacional, compuesta de sabios franceses y extrangeros; bastante conforme con la de $\frac{1}{320}$ que halló Laplace por la teoría de los péndulos, y con la combinacion de algunos fenómenos celestes, cuya causa depende de la no esfericidad de la tierra; y correspondiente al achatamiento de un cuerpo celeste como resultado de la rotacion sobre sí mismo, el que se manifiesta en el planeta Júpiter, donde ya he dicho que con el telescopio se vé que la diferencia de los dos diámetros es casi de $\frac{1}{10}$, y comparando la medida exâcta de este achatamiento, las dimensiones de Júpiter, y el tiempo que emplea en su rotacion, con las dimensiones de la tierra y la duracion de su rotacion, se halla que este último planeta (1) debe estár achatado de $\frac{1}{338}$ á $\frac{1}{328}$, resultado que casi no se diferencia del de la comision de pesos y medidas. Otros fenómenos, cuya indicacion no entra en el plan de estas lecciones, confirman tambien el achatamiento de la tierra hácia los polos, de suerte que *ningun hecho físico está hoy mejor deducido, habiéndose verificado tanto inmediatamente como en sus conseqüencias y analogías*, segun la expresion de Laplace en la *Mecanique celeste*.

82 El grado medido en el círculo polar por los académicos franceses en 1736, era el que daba un achatamiento mayor que todos los otros, y se apartaba mas de los varios arcos determina-

(1) Veráse, en efecto, mas adelante que la tierra lo es.

dos. Por este motivo se llegó á sospechar que en aquella operacion habia ocurrido algun error considerable: y M. Melander Hielm, sabio astrónomo sueco, acaba de hacerle medir de nuevo por sus discípulos, usando del círculo repetidor y de todos los medios delicados que han enriquecido últimamente la geodesia. Los académicos franceses no midiéron mas que un grado. M. Melander ha hecho medir dos, y hallado, segun una noticia comunicada á Lalande, el grado de meridiano á 66° 20′, de 133467,66 varas, mas corto 450,66 que el que resultó en 1737. Calculada la figura de la tierra por estas medidas de los suecos, sale $\frac{1}{313}$ de achatamiento, cantidad bastante próxîma á $\frac{1}{334}$.

83 Por los datos de las operaciones de Delambre y Mechain en el arco de meridiano medido en Francia, cuyo punto medio corresponde á 46° 11′ 5″ de distancia del equador, se deduce que la quarta parte del meridiano terrestre es de 513074 toesas ó 1197172,66 varas, y la circunferencia entera de la tierra de 2052296 toesas ó 7193 leguas nuestras, es decir, 7 leguas solamente ménos que la que señaló Picard, lo que hace ver con qué precision se conoce ahora la magnitud de nuestro globo. No siendo iguales entre sí los radios terrestres, no pueden calcularse como en el círculo, y es preciso emplear fórmulas que expresen las relaciones de los arcos de la elipse con los exes de esta curba, y las partes de estos exes. Por tal medio se halla, suponiendo el achatamiento de $\frac{1}{320}$ como Laplace,

que el semiexe E O (*fig. 19*) ó el radio del equador, contiene 7637651 varas, el semiexe O P, que va del polo al equador terrestre, 7613783,33, y la diferencia entre ámbos 13867,67. Se necesitan tambien fórmulas particulares para deducir el valor de los grados del meridiano en una distancia dada del equador ó del polo, á causa de su desigualdad, y se consigue determinando los encuentros de las perpendiculares ó las *normales* á la curva. Todas estas fórmulas y quantas son necesarias para calcular la posicion de los diferentes puntos de la esferoide terrestre, se hallan en la profunda obra de Delambre intitulada *Methodes analytiques pour la determination d'un arc du meridien*, y á ella pueden recurrir los inteligentes en la parte sublime de las matemáticas, pues los que no lo sean, no podran comprehenderla.

84 Multiplicando la *circunferencia media de la tierra* por el *diámetro medio*, tendremos su superficie de 20628211 leguas quadradas, valuacion que casi concuerda con la del astrónomo Lalande, que calculando por un achatamiento mayor que el de $\frac{1}{334}$, halló la superficie del globo terrestre de 20618336,8. Los $\frac{3}{4}$ de esta superficie, ó cerca de 15200000 leguas estan cubiertos de agua, y así solo 5 ó 6 millones pertenecen á la tierra propiamente dicha (1). Se pue-

(1) Esta no es mas que una estimacion aproximada: para hacerla con exactitud debiéramos conocer los límites de la América septentrional, el interior del Africa y el de la *Nueva Holanda*, porciones de la tierra hasta hoy ignoradas casi absolutamente.

de valuar el volúmen de nuestro globo en 9840 millones de leguas cúbicas, volúmen 49 veces mayor que el de la luna, pero solo $\frac{1}{1400}$ del del sol. Comparada la tierra solamente con el espacio que ocupan los cuerpos celestes que estan mas próxîmos, puede mirarse como un punto imperceptible en la inmensidad.

85 De todo lo dicho en estas dos lecciones resulta, como dice Condillac (1), que despues de tantas sabias teorías, tantos viages y operaciones, todavía no puede llamarse *decidida* la qüestion de la figura de la tierra: ella es una bola achatada hácia los polos, ¿pero en qué proporcion? ¿lo está igualmente hácia los dos polos? Esto es lo que no se puede asegurar, tanto ménos, quanto las irregularidades de los meridianos parece excluyen toda hipótesi general. Las medidas multiplicadas en todas direcciones, y en todos los paralelos, pueden un dia fixar con exâctitud la figura del globo; y por eso merecen alabanza los gobiernos de Europa que actualmente las promueven y costean. El astrónomo Mechain se halla prolongando la meridiana de Francia hasta la Isla de Cabrera junto á Mallorca, y aun hasta el Cabo de San Antonio en la costa de Valencia. Henrry, discípulo de Lalande, ha salido poco ha á tomar la medida de los grados entre Brest y Strasburgo por comision del General Sanson, Director del depósito de la guerra de Francia; y la Compañía inglesa de la India oriental acaba de determinar liberalmente que Mr. Lambton continúe en aquellas regiones la cadena de triángulos hasta 7

(1) *Art de raisonner.*

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

ó 8.° al N. del equador, para decidir con mas exâctitud quál es allí la extension de un arco determinado de meridiano y de otro de un paralelo. Seria tambien de desear que se midiesen algunos grados en la Siberia á los 45° de distancia del equador para compararse con los medidos en Francia, es decir, al otro extremo del globo. El Dr. Frieswinkel propuso el año pasado esta idea en la *decada filosófica*, y su execucion puede esperarse del zelo ilustrado con que protege las ciencias el esclarecido Emperador de Rusia Alexandro I, en cuyo imperio se hallan situadas aquellas vastas regiones del centro de Asia.

86 Qualquiera que sea la figura de la tierra, ciertamente nada contribuyen á alterarla ó modificarla las mayores montañas ó proeminencias que cubren alguna parte de su superficie, pues se reputan como nulas en comparacion del diámetro de la tierra, y apénas producen las mas elevadas la desigualdad que una casi imperceptible protuberancia en la corteza de un limon. Efectivamente, las mas altas que se conocen, no pasan de 21000 pies, ó su elevacion perpendicular está reducida á poco mas de una legua, y conteniendo el diámetro de la tierra 2292 de estas leguas, una montaña de la expresada altura no podria presentar mas que una línea de elevacion sobre un globo de 2292 líneas ó de mas de 30 pies de diámetro, ó $\frac{1}{15}$ de línea en un globo de 2 pies.

## LECCION VI.

*Medidas itinerarias de distintas naciones. Legua española. Reduccion de unas medidas á otras. Nuevo sistema metrico decimal debido al instituto nacional de Francia.*

87 La extension de las medidas itinerarias, llamadas ora *leguas*, ora *millas &c.*, que usan las varias naciones del globo, se fixa ó refiere al valor de un grado de la línea meridiana, que desde el equador hasta cada uno de los polos contiene 90°. Si la tierra fuese perfectamente esférica y los meridianos círculos, sus grados entónces iguales comprehenderian siempre un mismo número de *leguas* ó *millas*, y quando decimos *leguas de 20 en grado, de 25 en grado &c.*, entenderiamos que 20 ó 25 de estas leguas correspondian perfectamente á un grado de qualquier círculo máxîmo de la esfera; pero siendo segun los principios sentados la tierra una esferoide de esta ú la otra figura, y los grados del meridiano desiguales, se sigue que realmente cada uno corresponde á distinto número de leguas y partes de legua, y que no son medida uniforme en todo rigor de las extensiones itinerarias.

88 Pero sin embargo, en atencion á que de las operaciones con que se ha querido determinar la figura y magnitud de la tierra, resulta que es muy corta la diferencia entre su figura real y la esférica, se la puede mirar como esférica en todas la aplicaciones geográficas, y á los grados del meridiano como iguales entre sí, y de la mis-

ma extension que los de un círculo máxîmo que la rodease. Con efecto, la diferencia entre las dimensiones polar y equatorial, quando se compara con el semidiámetro terrestre, merece tan poca consideracion, que, como se ha dicho, es mucho ménos que $\frac{1}{300}$ de la distancia de la superficie terrestre al centro; de modo, que si se extiende sobre el papel una seccion meridional de esta esferoide, el ojo mas perspicaz no la distinguirá del círculo perfecto (1). Se supone pues esférica á la tierra en casi todas las aplicaciones en que la geografía haya de considerar su figura, haciéndose algunas correcciones por causa de su achatamiento en uno ú otro caso que exîja grande precision. En esta inteligencia, tomando un medio entre las medidas que se han hecho de diferentes grados del meridiano á varias distancias del equador, se supondrá tambien que el grado de este y de todo círculo máxîmo de la tierra equivale á 57030 toesas, ó 133070 varas caste-

(1) Por la misma razon los globos artificiales que se destinan á representar la superficie terrestre, se construirán sin error sensible, de figura perfectamente esferica; pues como el achatamiento de la tierra, reducido á $\frac{1}{334}$ del diámetro del equador, no produce entre este diámetro y el exe que pasa por los polos mas que una diferencia de cerca de 7 leguas, resulta que en una esferoide, cuyo grande exe tenga 3 pies, la diferencia entre este y el exe menor no excederá de 1 línea $\frac{1}{2}$, cantidad muy difícil de observar con precision en la construccion de globos, y si el efecto de este achatamiento es tan poco considerable respecto á la masa entera; distribuyendose sobre todas las partes, es aun menos sensible en los detalles ó descripciones individuales de la geografía, y puede despreciarse sin inconveniente en las cartas geograficas ordinarias. Por eso en estas Lecciones continuaré mirando á la tierra como perfectamente esferica.

llanas, y el minuto á 9505 toesas ó 2217,8 varas (1).

89 Quando los romanos se apoderáron de España se introduxéron tambien en nuestra península, juntamente con las leyes y yugo del vencedor, las medidas itinerarias de que usaban. Las distancias de los caminos se contáron en el imperio romano por *millas* ó espacios de mil pasos geométricos, llamadas así, y tambien alguna vez *lapis*, porque en los caminos públicos á cada mil pasos se fixaban piedras que indicasen las millas, como se ve en las calzadas romanas ó vias militares de las orillas del *Betis* en Andalucía y en otros parages. El paso geométrico es, dice nuestro Morales, lo que los españoles llamamos *tranco*, á saber, lo mas que comunmente se pueden extender las piernas y apartar los pies echando uno delante de otro; y este paso geométrico consta de 5 pies romanos, teniendo así 5000 cada milla. ¿Pero qual es el valor efectivo de este antiguo pie romano? Se han hecho en el siglo pasado pesquisas por varios métodos, todos en verdad imperfectos, para determinarlo y se ha hallado mucha variedad en los patrones ó medidas que se han consultado entre los sepulcros y escombros de la antigüedad (2). Sin embargo del

(1) Exâctamente el grado de meridiano á 45°, ó á igual distancia del polo y del equador, es, dice Lalande, de 57028 toesas ó 133065,33 varas castellanas; pero segun las operaciones geodésicas de los astrónomos Delambre, y Mechain desde 1792 hasta 98, no pasa de 56960 toesas ó 132907 varas nuestras.

(2) Los primeros términos de comparacion que escogió el hombre para las medidas lineales tuviéron por fundamento el tamaño de diferentes partes de su cuerpo, de donde vienen *pie*, *dedo*, *palmo*, *paso*, *braza* &c.; pero estas medidas no podian tener uso en su estado natural, y



THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

resultado de tantas comparaciones puede inferirse que cotejándole con el pie de Paris, tipo convencional de que por lo comun se sirven los geómetras en estas indagaciones, se ha el pie romano del capitolio á este, como 1306 á 1440.

90 En tiempo de los godos continuaba en España el uso de la milla, segun aparece de sus leyes. Siguió en el de los árabes que la llamáron *mail* y aun en el siglo XIII de nuestra era, en cuya época las leyes de partida la emplean con la denominacion de *migero*. Constaba siempre esta medida españolizada de 5000 pies, como se dice expresamente en varios monumentos históricos, y por consiguiente seria enteramente igual á la milla romana si entre nosotros no se alteró el pie de que los romanos usaban, ó si el pie español antiguo fue igual al romano; pero esto es muy dudoso, y el decidirlo ocupó mucho á nuestros sabios del siglo XVI, quienes consultáron para ello las obras ó monumentos que se construyéron en España en tiempo de los romanos. Antonio de Nebrija, que juntaba con sus grandes conocimientos en las humanidades el zelo y la instruccion de un historiador aplicado, midió para determinar esta duda, el espacio de dos miliarios en el camino de Mérida á Salaman-

así se construyéron desde tiempo muy antiguo unos patrones de madera ó metal que se supusiéron iguales á cierto número de dichas unidades naturales. Estos modelos por lo comun han sido arbitrarios, sin mas fundamento que el capricho de los que los estableciéron; y por eso no debe extrañarse la mucha variedad de *pies*, *varas &c.*, de que se hace uso en España y en casi todas las naciones del mundo, siendo digno de notarse que los palmos y pies en que se suponen divididas algunas de estas varas nuestras, solo pueden haber pertenecido a hombres de una estatura prodigiosa. *Ciscar.*

ca, que llaman *camino de la plata*, y el circo de la primera de ámbas ciudades; y sobre sus resultados leyó en 1510 una memoria en la Universidad de Salamanca, y ofreció dexar la medida que habia sacado del verdadero pie español, en su biblioteca; pero se ignora si lo executó, y por consiguiente fue inútil para la instruccion general el fruto de sus investigaciones. El Dr. Sepúlveda en tiempo de Felipe II, habiendo hecho iguales medidas en el camino de la Plata, dedujo ser allí igual el pie al romano, cuyo valor habia él conocido sobre dos patrones antiguos que exîstian en el huerto de Angelo Coloccio, cerca de Roma, y cuya medida entregó al mismo Felipe II siendo Príncipe. El maestro Esquivel, Catedrático de Matemáticas en la Universidad de Alcalá, midiendo con igual objeto el aqüeducto de Mérida, obra de los romanos, observó que sus 140 lumbreras estaban á iguales distancias, es á saber: »á 50 varas una de otra, de lo que in»firió, dice Ambrosio de Morales, que en nues»tras varas hay algunos pies al justo, y ellos for»zosamente han de ser tres, pues ni mas ni mé»nos no lo sufre la desconformidad. Teniendo »pues la vara castellana 3 pies, resultaba que el »pie antiguo español era un *poquito* menor que »el romano." Midió despues muchas millas de las del camino de la Plata por espacio de mas de 20 leguas con cordeles de á 50 varas, y siempre halló, añade Morales, »que habia en cada dis»tancia de mármoles á mármoles 33 cordel s $\frac{1}{3}$ sin »haber en una mas que en otra"; pero $33\frac{1}{3} \times 50 = 1666{,}66$ varas $= 4999{,}98$ pies, ó 5000 pies españoles, de donde se inferia que las distancias miliarias en España eran de 5000 pies españoles,

y siendo este *poquito* menor que el romano, lo seria tambien la milla española.

91 Si se consideran los fundamentos de las medidas de Sepúlveda y Esquivel, resulta, como advierte Lucuze (1), que no decidiéron lo que se habian propuesto decidir; pues Sepúlveda no expresa el marco del pie ó vara con que executó las suyas, y así ignoramos á qual de los distintos y desiguales marcos que siempre se han usado en las varias ciudades de España, las referia. A mas, los dos patrones del huerto de Coloccio, de que se valió, corresponden, segun han averiguado los eruditos de nuestros dias, á 2 pies romanos diferentes, llamado el uno *Statiliano* y el otro *Colocciano*, que son entre sí como $1310\frac{5}{6}$ á $1307\frac{1}{2}$; y manifestando Sepúlveda que los tuvo por iguales, se debe desconfiar mucho de la exâctitud de sus medidas, y de los resultados que sacó. En quanto á las operaciones de Esquivel, á mas de no expresar tampoco el marco á que se refieren, se ve que las hizo con cordel, método expuesto á errores, porque con los cordeles la medida que se halla es siempre diferente de la verdadera; pues si se van aplicando sobre la tierra, se mide la curvatura del terreno, y si van por el ayre siempre pandean, y así en el dia se les substituyen las perchas de madera, llevando en cuenta la dilatacion ó contraccion que sufren con las variaciones de la atmósfera, que siempre son menores que en el cordel. Por otra parte, ¿de

(1) En su juiciosa disertacion intitulada *Medidas militares*. Mariana *de ponderibus et mensuris*, no sé con qué fundamento da por sentado que el pie romano era una onza ó $\frac{1}{12}$ mayor que el español antiguo.

dónde sacó el Maestro Esquivel que porque la vara española es de tres pies, el pie español será un *poquito* menor que el romano? Para asegurar esto debia haber ántes averiguado que así como en la vara española de que usó caben tres pies nuestros, no cabrian otros tres romanos, y esto no sabemos que lo averiguase. Ademas él no concluye sino que el pie romano era un *poquito* mayor que el español, y esta es una expresion vaga que no determina la cantidad en que discrepan. Ultimamente, las medidas del camino de la Plata que le diéron siempre 5000 pies de miliario á miliario, mas bien prueban que aquel pie es el romano, pues se sabe que los romanos ponian siempre otro tanto de piedra á piedra, y por consiguiente nada sirven para determinar la magnitud del antiguo pie español si no se le supone igual al romano.

92 Yo me inclino á creer que en los buenos tiempos de Roma se usó entre nosotros, en los caminos y demas usos de la vida civil, el verdadero pie romano, y que en la confusion originada en el siglo v con los saqueos y entrada de los bárbaros del norte se alteró aquella medida universal, dexáron de ajustarse á un mismo prototipo ú original los patrones que sirviéron para determinar el pie, y de aquí nació la grande variedad introducida en la edad baxa acerca de la magnitúd del pie español, concordando apénas la vara de una ciudad ó comarca con la de su vecina, confusion que, ocasionando notables perjuicios en el trato y comunicacion recíproca de los hombres, quisiéron remediar en el siglo XIII los dos Reyes mas sabios y célebres de aquella época, Don Jayme el conquistador, y Don Alon-

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

so X, dando aquel á Valencia en 1238, y este á Toledo en 1261 la vara de 3 pies romanos, que deseáron fuese universal en sus dominios. Este deseo no tuvo efecto, ya por el indiscreto apego de cada pueblo á su vara y medida municipal, ya en lo que toca á Castilla, porque Don Alonso XI en 1347, y Don Henrique II en las Cortes de Toro de 1369, quisiéron que la vara de Burgos fuese la vara de todos sus pueblos, llamándose, acaso desde entónces, por excelencia *vara castellana*, en cuyo noble carácter la aseguráron la Pragmática Sancion de Felipe II en 1568, las órdenes de Don Fernando VI en 1750 y 52, y novísimamente la Real disposicion de 26 de Enero de 1801. Esta vara de Burgos es mas corta que la de Toledo y Valencia en razon de 13 á 12, segun comparaciones hechas en 1758. Don Jorge Juan la cotejó en sus *observaciones* con varias medidas extrangeras, y resultó que suponiéndola dividida en 3710 partes, el pie de Paris tiene 1440 de estas partes, el ingles 1350, el romano antiguo del capitolio 1306, y el del Rhin 1330; y como la vara castellana se compone siempre de tres partes iguales ó pies, se sigue que 95 pies de Lóndres hacen 104 castellanos, y 13 de estos equivalen á 12 romanos.

93 El mismo sabio matemático Don Jorge Juan exâminó de órden del Gobierno en 1750, con aquella delicadeza y exâctitud que le eran propias, los patrones originales que guardan de la vara búrgalesa las ciudades de Burgos y Avila y las cotejó con la toesa de Paris, medida francesa que por un abuso ignominioso se habia introducido en nuestras obras de arquitectura,

planos y dependencias de guerra y marina desde principios del siglo XVIII, en mengua y con olvido de las nacionales; y resultó que el pie castellano es al de *Rey* ó de *Paris* como 7 á 6, y que así la toesa compuesta de 6 pies de Rey corresponde á 7 pies castellanos ó tercias de vara, y 7 varas á 3 toesas (1). Cada vara nuestra se compone de 3 pies, cada pie de 12 pulgadas, cada pulgada de 12 líneas, y cada línea de 12 puntos; divídese ademas de otra manera en 4 palmos ó quartas, cada quarta en 12 dedos, el dedo en 9 líneas, y la línea en 12 puntos, es decir, que por qualquiera de ámbas divisiones nuestra vara tiene 5184 puntos. El cálculo de medidas por ella es preferible á la toesa, pues qualquiera fraccion que se desprecie siempre montará ménos en los puntos de la vara que en los de la toesa, por ser menores. Ademas, todo lo que se calcula por la toesa, se calcula igualmente por la *braza* española que tiene la misma division (2); y la media toesa corresponde justamente á una vara nuestra, no en el valor, sino en su division en 3 pies.

94 Aunque esta famosa vara de Burgos, que ya se puede llamar *vara española*, no sea mas, dice Ciscar, que un monumento de la barbarie é ignorancia del siglo en que se construyó, estando torcida y tan mal esquadrada por sus extre-

(1) Las comparaciones hechas en Paris últimamente por los SS. Vasalli, Ciscar, Pedrayes y Ramirez en 1799, entre la toesa y un modelo de laton de la vara de Burgos arreglado por direccion de Don Juan Peñalver, dan el pie de Paris al de Burgos como 600434 es á 700000.

(2) La *braza*, medida de mucho uso en el sondeo de mares y rios, es de tanta longitud como la que pueden formar los dos brazos de un hombre abiertos y extendidos que comunmente se regula de 6 pies de largo ó 2 varas.

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

mos, que entre las longitudes de una y otra cara y la distancia entre dos piezas apoyadas contra sus extremidades se encuentran diferencias de mas de $\frac{1}{4}$ de línea; sin embargo, para los usos ordinarios del comercio donde estas diferencias son despreciables, aunque no lo sean en otras operaciones delicadas del entendimiento humano, seria de desear se verificase su adopcion por medida comun en el reyno, componiendo su 3.ª parte el verdadero pie español; así se evitaria la confusion que producen tantas varas, pies y palmos de diferentes tamaños casi como provincias hay en el reyno, cuyas relaciones recíprocas, aun quando estuviesen conocidas exâctamente (1), causan en su reduccion mucha pérdida de tiempo precioso en las operaciones mercantiles y otros usos de la vida humana, y se conseguiria la justa y necesaria uniformidad que deben tener en sus pesas y medidas los ciudadanos de una misma nacion. Esto ha querido últimamente la Real órden de 26 Enero de 1801, »en que se manda »que en adelante se adopten en todos los Rey»nos y Señoríos de S. M. las pesas y medidas »que estan en uso mas generalmente en España,

(1) Parece que modernamente se han hecho cotejos científicos de órden del gobierno para deducir la relacion que hay entre la vara de Burgos y las demas medidas longitudinales de las provincias, y que van á publicarse los resultados. Debe desearse mucho la publicacion de estas investigaciones que darán luz en un asunto de suyo obscuro, e indeterminado hasta ahora. Entre tanto sépase que, segun Lucuze, 13 pies de Burgos hacen 12 de Valencia y Toledo, y 67 varas 36 *canas* de Barcelona. Bordazar de Artazu hace corresponder 107 pies castellanos á 100 mallorquines y catalanes, y otros aseguran que suponiendo el pie castellano de $923\frac{1}{13}$ partes, el aragones tendrá 852 de estas partes.

» sirviendo de norma en quanto á las medidas » lineales ó de longitud el patron de la vara que » se conserva en Burgos; que el pie sea la raiz » de todas, dividido segun se acostumbra en 16 » dedos, y el dedo en mitad, quarta, ochava y » diez y seisava parta, é igualmente en 12 pul- » gadas, y la pulgada en 12 líneas; que la vara » se componga de 3 de dichos pies, y se divida, » segun se acostumbra, en mitad, quarta, media » quarta, ú ochava y media ochava, como tambien » en tercias, medias tercias, ó sexmas y medias » sexmas; que los patrones de estas medidas, cons- » truidos de órden de S. M por Don Juan Pe- » ñalver, se tengan por originales, y se depositen » y conserven en el archivo del Consejo; que para » fixar en lo sucesivo la extension de estos patro- » nes, y para verificarlos en qualquier tiempo si » por acaso ó por algun accidente se sospecha » que han padecido alteracion, se compare el pie » con la longitud del péndulo simple que oscila » los segundos en Madrid (1): que todas las ca-

(1) Como el péndulo, para señalar los segundos en una latitud determinada, debe tener cierta extension fixa, por eso esta servirá útilmente en la comprobacion del valor del pie, y demas medidas de que se sepa que él mismo consta. Es verdad que los péndulos retardan en estío y adelantan en invierno, en la 1.ª época porque se alargan con el calor y gastan mas tiempo en hacer una vibracion, y en la 2.ª por la razon contraria, porque se acortan ó contraen con el frio; mas estas variaciones dexan de incomodar al fin, quando se conoce de antemano la verdadera longitud del péndulo, ó el número de pies, pulgadas, líneas &c de que consta, hallándose la atmósfera en cierto grado de temperatura que indica el termómetro.

Sobre la longitud del péndulo en Madrid, me ha remitido desde Cartagena la siguiente nota el Señor Don Gabriel Ciscar. „Comparando con las experiencias del céle- „bre Borda, las hechas con los quatro péndulos invaria- „bles descritos en el artículo 58 de la *Memoria elemen-*

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

»bezas de partido acudan á la Corte para pro»veerse de los patrones correspondientes en el »término de un mes desde que se les pase la ór»den necesaria al efecto, y los lugares á sus ca»pitales; y que luego que todos los pueblos es»tén provistos de dichos patrones se señalará la »época en que debe empezar el uso uniforme de »las pesas y medidas españolas en todos los rey»nos y señoríos de S. M." Todos los contratos, censos y obligaciones de qualquier especie que sean, „añade la Real órden, anteriores á la época »en que empiece el uso uniforme de las pesas y me»didas españolas se reducirán, cumplirán, y paga-

„*tal sobre los nuevos pesos y medidas decimales*, he de„ducido que el pendulo simple que oscila los segundos en „Madrid en el vacío tiene la longitud de 992,880 milíme„tros, ó milimas del metro prototipo. Esta determinacion „es absolutamente independiente de la temperatura

„Si entre la vara de Burgos á la temperatura del hielo „y el metro, se supone la relacion establecida en el artí„culo 9 de la *Memoria elemental sobre los nuevos pesos y „medidas decimales*, á saber, que estando la vara de Bur„gos en la temperatura de hielo, un millon de varas bur„galesas equivalen á 835749 metros, la longitud del pen„dulo simple que oscila los segundos en Madrid será de „513,2215 líneas del pie de la vara de Burgos, quando „dicha vara se halla en la temperatura del hielo; y „513,125 líneas en la temperatura de 16° 25 del ter„mómetro centigrado.

„Suponiendo que el pie de Burgos tiene con el de la „toesa de Paris, de que se hizo uso en el Perú la relacion „de 6 á 7, la longitud del pendulo simple que oscila los „segundos en Madrid será de 513,4964 líneas de la vara „burgalesa, quando dicha vara de hierro se halla en la tem„peratura de 16 ' 25 del termómetro centigrado.

„Para hacer un buen uso de estas determinaciones, se de„be tener presente que Madrid se halla mucho mas ele„vado que el nivel del mar." — Cartagena á 6 de Agosto de 1804— Gabriel Ciscar. —

Por multiplicadas observaciones de las alturas del barómetro, ha deducido Don Josef Garriga que Madrid está unos 2200 pies mas alto que las aguas del océano.

» rán por las pesas y medidas mandadas ahora usar » uniforme y generalmente, y por las mismas de- » berán hacerse, cumplirse y pagarse los que se » celebren en lo sucesivo, sin lo qual no serán » válidos ni de ninguna fuerza. A estas mismas » pesas y medidas deberán arreglarse en todos los » casos todos los empleados en la Real Hacien- » da, Guerra, Marina, Reales Fábricas, Comer- » cio y demas ramos. Igualmente deberán usarse » en los escritos de ciencias y artes, encargando » el Consejo á los censores de dichos escritos que » no los aprueben sin que estén reducidas las » medidas y pesas extrangeras, exceptuándose el » caso en que se trate de simple relacion ó pro- » porcion" Parece que despues de varias dificul- tades y detenciones va finalmente á ponerse en planta y efectuarse esta Soberana resolucion. El dia en que se verifique será muy glorioso para la ilustracion nacional, y asegurará en la posteri- dad el renombre del Ministerio que ha promovido una providencia tan saludable y necesaria.

95 En quanto á las medidas agrarias, cuyo conocimiento es necesario en el levantamiento de planos cortos, se debe advertir que en tiempo de los godos, y aun de los romanos, se usó para esto la *pértiga* ó *pértica*, que por constar de 2 pa- sos ó 10 pies se llamó *decempeda*, como dice San Isidoro. El estadal la reemplazó en los siglos posteriores en Castilla, pero esta medida es tan indifinida en su extension, que apénas convienen dos estadales entre los que usan las varias pobla- ciones de España. El estadal de Toledo tiene 10 pies y 10 pulgadas de la vara castellana; el que se usa en Madrid y otros lugares del Reyno es de tres varas y media ó 10 pies y 6 pulgadas de

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

Burgos &c. Hace tiempo se deseaba que desapareciese esta variedad perjudicial, y se adoptase uno de los varios marcos por universal en el reyno. Lucuze proponia para esto el estadal de Madrid, entre otras razones, por ser el que mas se acerca á la antigua *pértica*, hallándose segun sus observaciones dicho estadal, la pértica antigua y el estadal antiguo de Toledo, como los números 105,106,108⅓; y porque admite la division cabal en catorce partes, cada una de las quales corresponde á un palmo de nuestra vara. En la citada Real órden de 1801, se manda que el estadal para los campos en todo el reyno sea en adelante de 12 pies ó 3 varas, y la superficie de una fanegada de tierra de 576 estadales quadrados. Esto último producirá mucha facilidad en el cálculo; porque el número 576 es muy cómodo para ello, correspondiendo exâctamente á media fanega ó 6 celemines 288 estadales, al celemin 48, al quartillo 12, y al medio quartillo 6 estadales quadrados.

96 Tambien hay mucha variedad en lo que se entiende en España desde la media edad hasta el dia, baxo el nombre de *legua*, que es la máxîma medida itineraria. Pueden distinguirse á lo ménos tres clases de leguas, *legal antigua*, *comun ó vulgar y geográfica*. La legal, llamada así porque se ha usado en el foro y señalamiento de jurisdicciones largo tiempo, consta de 1500 pies castellanos, y así entran 26,6 en el grado. Esta legua que Don Jorge Juan tuvo por la única y verdadera española, se abolió ya aun en los Tribunales por una pragmática de Felipe II de 1568, en que mandaba se le substituyesen las *comunes ó vulgares*. ¿Pero qual es la verdadera extension de estas leguas comunes?

97 Don Jorge Juan creyó que no la tenian fixa, pues se ve que en unos caminos las leguas son mas largas y en otros mas cortas, correspondiendo así á espacios de diferente extension; pero otros escritores, como el Conde de Campománes en su *Itinerario de postas y caminos*, piensan que á mas de esta legua *computada*, *ó por estimativa* de medida varia é indeterminada ha habido siempre en España una legua vulgar, cuya extension cierta, segun los testimonios de Sepúlveda, Ocampo, Mariana y Barreyros, corresponde á 4 millas romanas de pies españoles, es decir, á 20000 pies ó 6666,66 varas castellanas. El Maestro Esquivel, que en el siglo XVI dedicó sus tareas á la investigacion del valor de esta legua, asegura en comprobacion de lo mismo, que en el camino de la Plata, *donde ponen 10 leguas, se hallan 40 de aquellos espacios señalados por columnas* ó 4 millas, y que haciendo comparaciones con el itinerario de Antonino halló siempre que donde las leguas *computadas* de los caminos son cortas, faltaba espacio para completar las 4 millas; y al contrario sobraba harto donde estas se reputan por grandes; prueba de que cada legua vulgar corresponde próximamente á 4 millas romanas, ó contiene como 20000 pies nuestros. Deseando ademas aquel insigne matemático fixar irrevocablemente el valor de esta legua española, manifestó á Ambrosio de Morales, que desde el umbral de la puerta de la Iglesia de los Mártires de Alcalá de Henares hasta la pared del meson del lugarcito llamado *Canaleja* media una legua tan justa de las de á 4 millas, que podria servir muy bien de vara de medir para todas las leguas de España, tanto mejor quanto siendo el espacio

intermedio llanísimo y sin barrancos, la medida es mas cierta. En 1757 verificáron la medida de Esquivel Don Lorenzo Laso y Don Bernardo Fillera, encargados por el Señor Conde de Aranda; y habiendo contado desde Alcalá 7000 varas, reconociéron el terreno inmediato, y encontráron algunos cimientos y vestigios del antiguo lugar que se halla hoy enteramente arruinado y sin rastro de la pared del meson. Aunque esta legua de 7000 varas difiere 333 de la extension dada por Esquivel á la legua española, la diferencia puede consistir ó en la imperfeccion con que éste la midiese, ó en el error que se pudo cometer en la medida moderna respecto á la situacion de Canaleja. Como quiera, este resultado movió sobre todo á Lucuze á proponer por legua comun de España la de 7000 varas, cuyas ventajas pensó ser muy grandes en el cálculo, en las jornadas, y en las medidas de distancias, guardando ademas mucha analogía con las leyes antiguas sobre medidas, y siendo media entre las leguas computadas mas grandes y las mas cortas. Pero en la última Real órden de 1801 se manda que para *corresponder la legua próximamente á lo que en toda España se ha llamado y llama legua, que es el camino que regularmente se anda en una hora, será de 20000 pies, y se usará así en todos los casos en que se trate de ella, sea en caminos Reales, en los Tribunales y fuera de ellos.* Así hoy la legua vulgar española consta fixamente de 20000 pies ó 6666,66 varas castellanas, y entran 20 en el grado de un círculo máximo, ó exácta y rigorosamente 19,96 (1).

(1) En el año de 1769 se mandó por Real órden que comunicó al Consejo el Marques de Grimaldi, que en los

98 Otra legua usada tambien en España es la de 1604 varas, ó 22812 pies correspondiente á la $17\frac{1}{2}$ parte de un grado. Esta legua $\frac{1}{3}$ mas grande que la legal ó de 5000 varas, y media entre la milla alemana de 15 al grado y la legua de una hora de camino ó de 20 al grado se llama *geográfica*, porque se halla adoptada generalmente por nuestros cosmógrafos y pilotos de los siglos XVI y XVII, y porque Felipe V en pragmática de 1718, mandó que se hiciesen con arreglo á ella las escalas de los mapas. Es sin embargo desconocido el orígen de tal medida, é igualmente los fundamentos y motivos que la hiciéron adoptar. Como por otra parte las divisiones que se hacen por ella son muy embarazosas por los muchos quebrados que ofrecen sus cálculos, es preferible la de 20000 pies ó de 20 al grado, y ya á fines del siglo XVII aconsejaba que se usase en la Marina, el piloto Gaztañeta entre otras razones, porque su número tiene mitad, quarto, quinto y décimo sin quebrados.

99 Es hoy, pues, la legua de 20 al grado la verdadera legua española, y á ella se refieren en estas lecciones todas las distancias quando no se expresa otra cosa. A mas de poderse llamar ya esta legua *legal* en virtud de la última Real órden, tiene la ventaja de ser comun en la marina Européa, pues Inglaterra, Francia, y casi todos los pueblos marítimos de Europa, la usan siempre en la navegacion, y la de su perfecta correspondencia con la *milla marina* de 60 al grado, porque tres de es-

nuevos caminos se usasen las leguas de 8000 varas castellanas, y conforme á estas leguas de las que entran 16,63 en un grado, se han colocado las columnas que expresan las distancias en todas las calzadas que desde entónces se han hecho en España.

tas corresponden exâctamente á una legua nuestra, y así con multiplicar por 3 las leguas se reducen á millas, y dividendo por 3 las millas se reducen á leguas. Como la geografía se estudia en gran parte en los libros de los navegantes, no es poca ventaja que nuestra medida itineraria convenga tan perfectamente con sus expresiones de la distancia; y como 20 es el $\frac{1}{3}$ de 60, se sigue que una legua nuestra equivale á 3 minutos de grado, y que por consiguiente es muy sencilla la conversion de un número propuesto de leguas en grados y minutos de grado. No hay mas que tomar el vigésimo y serán los grados, y triplicando la resta se tendrán los minutos. Por exemplo, siendo 37 el $\frac{1}{20}$ de 753 con una resta 13, cuyo triplo es 39, se infiere que 753 leguas valen 37° 39′. Recíprocamente para convertir los grados y minutos en leguas, se debe multiplicar por 20 el número de grados, y añadir á este producto el $\frac{1}{3}$ de los minutos. Así 20 veces 37 hacen 740, que con 13 tercio de 39 componen 753 leguas.

100 Las demas naciones del mundo usan cada una de lengua de diferente extension, y siendo su conocimiento necesario para inteligencia de los mapas y libros geográficos, se conseguirá una noticia de las principales por la tabla siguiente, arreglada á las determinaciones de Mr. Bonne en su *Atlas de la Enciclopedia* quien asegura en el analisis, que discutió rigorosamente y refirió al prototipo universal é inalterable, es decir, al grado medio del meridiano, todas las medidas itinerarias antiguas y modernas, y procuró aclarar la confusion que ofrecen en esta parte los escritos de los geógrafos. Sin embargo, en quanto á la confianza

que merecen las determinaciones de la tabla, debe hacerse distincion entre las medidas de aquellas naciones que, habiendo cultivado las ciencias exâctas, las han comparado tiempo hace, ya inmediatamente con el grado de meridiano, ya entre sí por medio de sus componentes, como por exemplo, la legua francesa, las millas inglesa y náutica&c., y otras medidas ménos conocidas, que no habiendo sufrido un exámen científico, es preciso para saber su relacion con las otras, hacer muchas pesquisas, ya comparando sus componentes con otras unidades mas bien determinadas, ya partiendo de alguna distancia valuada en medida local y conocida en medidas geográficas, y el resultado al cabo no es á veces muy seguro.

| *Leguas ó millas.* | *Número de las que entran en un grado.* |
|---|---|
| L. Francesa comun..... | 25. |
| L. Portuguesa mas general. (1).... | 18 |
| M. Italianas comunes..... | 60 |
| M. de Toscana y del Milanés..... | 66,66 |
| M. de Venecia..... | 58,33 |
| M. Piamontesas..... | 50 |
| M. usadas en el mediterráneo..... | 75 |
| M. comunes de Suiza..... | 24 |
| M. de Suiza..... | 8 |
| M. de Holanda..... | 19 |
| M. comunes de Alemania, y L. marítimas de Holanda..... | 15 |
| M. de Hungría, Austria, Bohemia | |

(1) Estas leguas portuguesas son muy cómodas para el cálculo, porque el número 18 consta del medio 9, del tercio 6, y del sexto 3, y 10 corresponden á 3 leguas en esta graduacion. El palmo de Portugal tiene con el pie de París la razon de 40 á 27, ó 60 pies portugueses hacen 27 de París.



THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

| *Leguas ó millas.* | *Número de los que entran en un grado.* |
|---|---|
| y Saxonia..... | 12 |
| L. comunes de Hungría..... | 13,33 |
| L. *Rhinlándicas*, ó del Rhin..... | 27 |
| M. del Palatinado..... | 24 |
| M. comunes de Silesia..... | 17 |
| *Berris* de Turquía..... | 66,66 |
| *Agachs* de Turquía..... | 22,22 |
| M. de Turquía..... | 88,33 |
| L. ó M. de Prusia..... | 16 |
| L. comunes de Polonia..... | 20 |
| *Werstas* de Rusia..... | 104 |
| M. *legales* de Inglaterra..... | 69,50 |
| M. usadas en las Islas Británicas... | 60 |
| M. de Escocia é Irlanda..... | 50 |
| M. comunes de Dinamarca..... | 15 |
| M. de Suecia..... | 10,40 |
| *Lys* Chinos..... | 240 |
| Otros *Lys de China*..... | 192 |
| *Parasanges* de Persia..... | 22,22 |
| M. Arabes..... | 66,66 |
| *Gau* ó *Goss* de los indios..... | 11,11 |
| *Coss* de la India..... | 44,44 |
| *Parasanges ó Murrechs de la India*..... | 10,66 |
| *Codam* medida de la India..... | 8,88. |
| L. Holandesas de *Surinam*..... | 27. |

101 En el estudio de la geografía antigua ocurre freqüentemente usar de las siguientes medidas:

| | *En grado.* |
|---|---|
| M. Judaycas..... | 100 |
| M. Romanas..... | 77, 7 |

| | *En grado.* |
|---|---|
| L. Gálicas antiguas..... | 50. |
| *Estadios* griegos menores..... | 750 |
| *Estadios* griegos olímpicos..... | 621 ,6. (1) |
| *Estadios* de Alexandro..... | 1111,11. |
| *Rastas* germánicas..... | 25 |
| *Eschœnas* egipcias..... | 11,11. |

102 La materia de las medidas antiguas y su valor es confusísima; se han escrito para aclararla volúmenes enteros, y acaso sin mucho fruto (2). Yo he seguido los resultados de Bonne, á excepcion de la milla romana cuyo valor he deducido directamente, comparando el número de pies castellanos de que constaba, con los que entran en el grado medio del meridiano (3). Con la tabla de

(1) Así estos estadios son la 8.ª parte de una milla romana, la que por consiguiente se reduce á estadios, multiplicando por 8 el número de millas.

(2) Para conocer estas medidas, dice bien Lacroix, no hay mas datos que las valuaciones referidas en los escritos de los antiguos, ya de monumentos destruidos y alterados por el tiempo, ya de las distancias de algunos lugares ó enteramente desaparecidos de la superficie del globo, ó cuya posicion está aun sujeta á discusiones entre los sabios; y quando se trata de inferir estas distancias por las indicaciones de los escritos de los antiguos geógrafos, como Hyparco, Tolomeo y Estrabon, se hallan tanto mayores dificultades quanto dan freqüentemente el mismo nombre de *estadios* á medidas muy diferentes. Gosselin, por exemplo, ha demostrado que Tolomeo se sirvió alternativamente de estadios de 500 y de 700 al grado, y que empleó muchas veces distancias andadas llevando en cuenta las sinuosidades de las costas ó de los grandes caminos, por distancias medidas en línea recta. Así solo la crítica, unida con la erudicion mas profunda, puede dar alguna luz en tanta obscuridad.

(3) Modernamente ha determinado el valor de los estadios griego y egipcio, por observaciones y medidas hechas en Egipto, donde existen los monumentos mas antiguos y mas bien conservados, el astrónomo Nover, y sus



THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

las medidas modernas se averiguará fácilmente de qué número de varas castallanas consta qualquiera de las medidas itinerarias que se han puesto en ella, dividiendo el número de *133070 varas que hay en el grado medio del meridiano por el número de veces que la medida de que se trate entra en el mismo grado.* Dividiendo, pues, 133070 por 25, el cociente que resulte nos dirá que cada legua francesa tiene 5322,8 varas. Es tambien muy fácil la reduccion de unas medidas á otras por medio de la misma tabla, porque si deseamos saber por exemplo á quantas leguas marinas equivalen 6300 españolas de 17½ al grado que son las que tiene la circunferencia de un círculo máxîmo de la esfera, *multiplicaremos el número que nos hemos propuesto por las 20 leguas marinas que hay en el grado medio del meridiano, y dividiendo el producto 126000 por las 17½ leguas de España que hay tambien en dicho grado, el cociente 7200 será el número de leguas marinas que nos propusimos averiguar.* Al contrario, multiplicando por 17½ las 7200 marinas correspondientes á la circunferencia de un círculo máxîmo de la esfera, y dividiendo por 20 el producto de 126000, hubiéramos hallado que 7200 leguas marinas equivalen á 6300 españolas geográficas. Igual reduccion y averiguaciones podremos hacer con las medidas antiguas que expresa la tabla segunda, y deducir, si queremos, el número de pasos geómetricos de que constan,

resultados, que se hallan en el *conocimiento de tiempos* del año 13, difieren de los establecimientos anteriores. Segun Novet el estadio egipcio constaba de 711 pies franceses, y el codo de 21,33 pulgadas; el estadio griego de 467,543 pies, y el codo de 19,5017 pulgadas.

multiplicando el número de sus varas por 3, y dividiendo el producto por 5.

103 Lo dicho basta para tener suficiente idea del sistema actual de las medidas de Europa; pero este sistema es monstruoso y lleno de arbitrariedad, como demuestran la física y la experiencia diaria (1). Así hace tiempo que los hombres ilustrados de todos los paises, clamaban por un sistema racional y uniforme de pesos y medidas, que hiciese honor á la cultura européa; siendo este uno de aquellos puntos por desgracia poco numerosos, sobre los quales estan de acuerdo todos los pueblos, aun aquellos que difieren mas en las opiniones políticas y religiosas. La nacion francesa en los primeros años de su revolucion, quando con tanta energía y arrojo concibió varios proyectos extraordinarios, tuvo tambien la gloria de

(1) Todas las medidas de Europa tienen un orígen incierto é ignorado, procedente de la casualidad y del capricho de algunos hombres, y así su variedad es infinita; ademas, tan diferentes en sus proporciones como en sus formas, no tienen conexion alguna entre sí, siendo casi tan diversas unas de otras en la misma nacion, como de las que rigen en las mas lejanas. ¿Y qué cosa mas ridícula que las denominaciones de estas medidas? Aquí se llama *vara* la unidad de las medidas de longitud, en otra parte *toesa*, en otra *paso* &c. No tienen sistema alguno regular de division, y siempre los multiplos ó submultiplos toman nombres absolutamente extraños á la unidad principal. ¿Quién ha de adivinar, por exemplo, á ménos de no haber tenido ocasion de aprenderlo, que la *vara* es de 3 pies, la *toesa* de 7, que el pie de Paris es tanto mayor ó menor que el castellano &c.? Unas veces la division ó subdivision de la unidad primaria es en 3 partes como la de la vara en 3 pies, otras en 4 como la de la misma en palmos, otras en 12 como la del pie en pulgadas, &c. En quanto á las unidades itinerarias, ya hemos visto que las palabras *legua* y *milla* aun solo dentro de España se aplican á extensiones tan diferentes, que se puede mirar como indeterminada su significacion. Los prototipos ó patrones primarios son casi todos groseros é imperfectísimos; el patron

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

ser la primera en promover la execucion de este voto universal de las naciones; decretó la abolicion del antiguo sistema de pesos y medidas, substituyéndoles otras sacadas de la misma naturaleza, y tan constantes é invariables como ella. La Academia de las ciencias nombró para este efecto una comision especial, y encargó á los dos célebres astrónomos Delambre y Mechain las observaciones astronómicas y trigonométricas que debian servir de elementos para calcular la extension del grande arco de meridiano, comprehendido entre los paralelos de Dunkerque y Barcelona, sobre cuyo grandor habia de establecerse la unidad fundamental de las nuevas medidas; de esta manera, señalándolas un fundamento tomado sobre nuestro globo, podrian siempre verificarse ó hallarse de nuevo si llegaran á perderse (1). Dicho arco tiene la extension de 9° 40′ 25″, 68, y por con-

original de Burgos, de que hablé ántes, difiere cerca de 0, 15 de línea del que se conserva en el archivo de Toledo. Ademas la propiedad que tienen los metales de dilatarse con el calor y contraerse con el frio, hace que la longitud de los patrones no sea la misma en diferentes grados de la temperatura de la atmósfera; por exemplo, la vara de Burgos es un patron de hierro que se conserva en el archivo de esta ciudad, sin que haya fuera de ella otra extension que determine su verdadera longitud. Ahora bien, dicha vara es mas larga en verano que en invierno, y la diferencia pasa de 13 centésimos de línea desde la temperatura de hielo hasta los 26o del termómetro, de donde se infiere que la vara original de Burgos, y toda medida que no tiene su fundamento en la naturaleza, es una longitud variable, y por consiguiente una distancia misma que medida en tiempo de helada, resulta de 10000 varas, resultaria de 9997 si se se midiese en los mayores calores del verano.

(1) Prescindo en toda esta exposicion del sistema de pesos y medidas de capacidad, que se formó sobre el mismo plan. En la geografia basta el conocimiento de las medidas longitudinales, y alguna vez de las agrarias.

siguiente es mayor que la décima parte del quadrante. El punto medio está 46° 11′ 5″ distante del equador, esto es, poco mas arriba del paralelo de 45° punto medio del mismo quadrante (1). El Instituto nacional que sucedió á la Academia, siguió promoviendo la misma idea, y á mediados del año de 1798, quando ya se estaban concluyendo todas las operaciones preliminares, convocó un congreso de sabios de las naciones neutrales ó aliadas de la Francia; y con efecto concurriéron á Paris diputados de los Reyes de España y Dinamarca, de las Repúblicas Helvética, Bátava, Cisalpina, Romana y Liguriana, y del gobierno provisional del Piamonte, los quales unidos con varios miembros del Instituto, discutiéron las observaciones hechas, y dirigiéron la construccion de los prototipos ó patrones primarios de las nuevas unidades que habian de llevarse á las distintas naciones de Europa, cuyos prototipos en las medidas longitudinales y de extension se verificáron con tanta escrupolosidad, que las mayores diferencias entre unos y otros no llegáron á una millonésima de toesa, cantidad treinta veces mas pequeña que el grueso de un cabello (2).

104 La diezmillonésima parte del quadrante

(1) Podia haberse hecho uso, para determinar la extension del quadrante del meridiano terrestre, de las medidas anteriores; pero se creyó que para dar mas autenticidad al nuevo sistema metrológico era mejor fundarle sobre operaciones conducidas con una precision desconocida hasta entónces, y dirigidas por los astrónomos mas hábiles.

(2) Los diputados por S. M. fuéron Don Gabriel Ciscar y Don Agustin Pedrayes. Ciscar presentó al Rey los prototipos destinados á España, y escribió una *memoria elemental sobre los nuevos pesos y medidas decimales fundados en la naturaleza, impresa en Madrid año de 1800.*

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

del meridiano, medida sobre la superficie de la tierra, es con el nombre de *metro* (voz griega que significa medida) el principio de donde se deriva todo el nuevo sistema; y las unidades secundarias que resultan de la multiplicacion y division de esta unidad primaria, son términos de la progresion decimal, que casi puede llamarse progresion natural, respecto á ser conforme al sistema de numeracion de todas las naciones civilizadas; diez metros componen un *decámetro*, 10 *decámetros* un *hectómetro*, 10 *hectómetros* un *kiliómetro*, 10 *kiliómetros* un *miriámetro*, 10 *miriámetros* un *grado decimal* y 100 grados decimales el quadrante del meridiano terrestre, ó la distancia del polo al equador; de suerte que para dar una vuelta al rededor de la tierra bastará caminar 4000 miriámetros ó 400 grados decimales. Un *metro* se divide en diez *decímetros*, el decímetro en diez *centímetros*, y éste en diez *milímetros* (1). El metro es igual á 3 pies,

(1) Considerando el nuevo sistema de pesos y medidas se ve 1.° que las medidas del mismo género y los pesos tienen una denominacion propia, y que no varía, aunque las medidas ó los pesos sean 10, 100, 1000, 10000 veces mayores: 2.° que estas medidas se dividen ó se multiplican regularmente por 10, 100, 1000, 10000, y que en estos diferentes aumentos ó diminuciones, toman anexos particulares que señalan su relacion con la unidad generadora, es decir, con la que da el nombre al género de medida, como se ha podido advertir en los multiplos y submultiplos del metro. Hay, pues, en este sistema, á mas de los nombres primitivos, otros nombres particulares ó pronombres, si pueden llamarse así, que sirven para señalar el lugar que cada medida ocupa en la escala ascendente ó descendente que le es propia. Estos nombres son en la escala ascendente *deca* que quiere decir 10, *hecto* 100, *kilo* 1000, y *myria* 10000; y en la escala descendente *deci*, que significa décima, *centi* centésima, y *milli* milésima. Las denominaciones derivadas del griego y del latin en este sistema, á mas de manifestar la naturaleza de las nue-

7 pulgadas, y unos $\frac{4}{5}$ de línea de la vara de Burgos (1). La unidad fundamental de las nuevas medidas agrarias es la *ara*, nombre derivado del verbo *arare*, que quiere decir arar; es un quadrado, cuyo lado es de 10 metros, y por consiguiente su superficie de 100, ó 143,115 varas burgalesas; 10 *aras* hacen una *decara*, 10 *decaras* una *hectara*, 10 *hectaras* una *kiliara*, 10 *kiliaras* una *miriara*, que es igual á 1.000.000 metros, ó 1.431.150 varas castellanas. Una ara corresponde á 10 *deciaras*, una deciaria á 10 *centiaras*, y una de éstas á 10 *miliaras*.

105 Entre las grandes ventajas que resultarian de la adopcion del nuevo sistema de medidas son muy considerables: 1.ª su invariabilidad, respecto á ser á su tipo fundamental la extension del meridiano: 2.ª lo que simplifica las operaciones de la geografía y navegacion, la progresion decimal desde el metro hasta el quadrante de meridiano; cuya progresion adoptada en todas las divisiones y subdivisiones de las unidades fundamentales hace que no se dude del número de unidades menores de que se compone cada unidad ma-

vas unidades con elegancia y precision, le hacen mas universal, no dándose en las voces preferencia á alguno de los idiomas vivos de Europa; idea admirable. Por tanto no apruebo el pensamiento del Señor Ciscar, que en su *memoria* trata de substituir á esta nomenclatura universal, otra propia de nuestra lengua, con la que sin hallarse ventaja alguna, pareceria querer aislarnos en un sistema formado para ser comun á todos los pueblos del mundo.

(1) De las operaciones de Delambre y Mechain resulta que los 90° del quadrante del meridiano equivalen á 513074 toesas. Si dividimos esta cantidad por 10 millones, se sigue que á su diez millonésima parte ó metro corresponde la longitud de 3 pies, 11 líneas, 296 (medida francesa), que viene á ser en medida española la cantidad que yo señalo.

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

yor: 3.ª la facilidad que dan dichas divisiones á las operaciones aritméticas de los números denominados que se executan con la misma sencillez que las de los enteros, y á la averiguacion del número de unidades quadradas y cúbicas inferiores, de que consta cada unidad superior de la clase correspondiente, sin necesidad de tomar la pluma; y 4.ª el bien y comodidad que resultaria al comercio y á las ciencias de que las expresiones del cálculo fuesen las mismas en todas las naciones civilizadas, y tan universales como los principios de las matemáticas.

106 A pesar de estas ventajas y saludables efectos que se seguirán á los pueblos civilizados de la adopcion de las nuevas medidas decimales, ignoro que las haya adoptado alguna nacion de Europa mas que la Helvética en Setiembre de 1803. Ya hemos visto que en España al establecerse un sistema uniforme de pesos y medidas, se ha preferido tomar por base las medidas y pesos de Castilla, que deben ser conocidos en toda España, renunciando á todas las ventajas peculiares del nuevo sistema métrico. » Sin embargo des- » pues de la Francia ninguna nacion, dice Ciscar, » ha tenido mas parte que la España en la deter- » minacion de los nuevos prototipos. Una parte » del arco del meridiano, medido para este objeto, » está comprehendido entre los Pirineos y el cas- » tillo de Monjui junto á Barcelona. Nuestro Mo- » narca prestó todos los auxîlios necesarios para » las operaciones que se hiciéron en España, y » nombró sugetos de distinguido mérito é instruc- » cion para que acompañasen y ayudasen al céle- » bre Mechain... Para la determinacion del metro » ó vara decimal se ha hecho tambien uso del arco

»del meridiano que atraviesa al equador, y en »cuya medida los españoles Juan y Ulloa, que »acompañáron á los académicos franceses Godin, »Bouguer y La-Condamine, supiéron acreditar »al público que no habian sido meros espec- »tadores de aquella importante operacion. Pa- »rece, pues, que toca á la España el dar á »las demas naciones el exemplo de la adopcion »de unas medidas, de cuyo uso le resulta tanto »interes, y en cuya determinacion le ha cabido »tanta parte."

107 Si se perdiesen los patrones ó tipos exîs- tentes en el dia de las nuevas medidas decimales, no seria preciso para determinar su longitud exâcta repetir la costosa, prolixa y delicada operacion de la medicion de un arco considerable de meridia- no; bastaría conservar en la memoria la relacion del *metro* con la longitud del péndulo que oscila los segundos en Paris ó en otro qualquier lugar bien determinado de la tierra, como se ha obser- vado respecto de la longitud del pie español (93).

108 Dividido en el nuevo sistema metrológi- co el quadrante del meridiano terrestre en 100 grados, el grado en 100 minutos, el minuto en 100 segundos &c, ha variado tambien la division del círculo, el qual consta de 400 grados y no de 360 que se le dan comunmente. De aquí se sigue que el grado del *círculo decimal* corresponde á 54′ del *sexagesimal*, el minuto á 32″,4; el se- gundo á 0″,324 &c. En general la division del círculo sexâgesimal de que usamos es á la del deci- mal como 360 : 400, ó como 9 á 10. Así para con- vertir partes del círculo sexâgesimal en partes del círculo decimal, *añádase á las primeras $\frac{1}{9}$ y se tendrá el número de las segundas. Por la inver-*

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

*sa si se resta $\frac{1}{10}$ del número de grados ó minutos decimales, la resta será el número de las partes sexagesimales del círculo.* Así el observatorio de Paris, situado á 48° 5c′ 14″ del equador, segun la division sexâgesimal ó 48°,8372 corresponde en la decimal á 54° 26′ 36″.

109 Finalmente nuestra legua española ó marina de Europa, que corresponde exâctamente á la vigésima parte del grado ó 20 de ellas á la 360ª parte del círculo sexâgesimal, no tiene ya perfecta correspondencia con el grado ó 400ª parte del círculo decimal, y equivale aproxîmadamente á 555,555 metros; y un *miriámetro* ó legua decimal corresponde á 1,8 legua marina, y así es muy fácil la reduccion recíproca de una de estas medidas á otra.

## LECCION VII.

*Latitudes y longitudes geográficas. Valor de sus grados. Primer meridiano. Reduccion del tiempo á partes del equador y recíprocamente. Diferentes problemas sobre la longitud y latitud.*

110 Los puntos de la tierra, que tienen su zenith en los polos del cielo se llaman (57) polos de la tierra, y los que corresponden perpendicularmente al equador celeste forman en la tierra la *línea ó círculo equinocial*, pues como el universo entero se nos figura á manera de un globo hueco, en cuyo interior está la tierra redonda, es preciso que todos los puntos del cielo tengan sus correspondientes en ella, y que los habitantes, que estan baxo el equador ó baxo los polos del cielo,

estén sobre los polos ó sobre el equador de la tierra. Si P (*fig.* 20.) es el punto de la tierra dirigido al polo ártico del cielo, se llamará *polo artico terrèstre*, y E G F *equador terrestre*, porque corresponderá exâctamente á los puntos del cielo equidistantes de los dos polos. La distancia que hay desde el zenith de qualquier lugar, por exemplo L al equador terrestre, ó á la parte de la tierra que corresponde al equador celeste, que siempre será un arco de meridiano, se llama *latitud*. Por consiguiente los paises que estan sobre el equador no tienen latitud alguna, y á medida que distan mas de este círculo acercándose á los polos, su latitud aumenta; y así lo mismo es decir que un pueblo tiene dos grados de latitud, que suponerle dos grados distante del equador.

111 Distínguense por consiguiente dos suertes de latitudes, *septentrional ó boreal*, que se cuenta desde el equador hasta el polo ártico y *austral*, que se cuenta desde el equador hasta el polo antártico (1); y nunca se podrán contar mas que 90° de latitud; porque la distancia de cada polo al equador solo contiene la quarta parte del

(1) Freqüentemente se emplea la denominacion de latitud *meridional* para expresar la distancia al equador de los pueblos situados hácia el polo antártico, ó la *latitud austral*; pero en realidad estas dos voces, como observa muy bien Fleurieu, no son sinónimas. Por *medio dia* (meridies) se entiende el lado de la tierra, donde se ve el sol en el instante que pasa por el meridiano ó el lado opuesto á la direccion de la sombra á las doce del dia, y como en los paises situados 23½°, ó mas al S. del equador, el sol en el instante del medio dia está todo el año al N. del observador segun se manifestará; es claro que no se puede decir (aunque sea expresion muy usada en las relaciones de viages) que un navío que navega en los mares australes alejandose del equador, se dirige al *mediodia*, y se dirá bien que hace ruta al S, porque realmente no se adelanta há-

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

círculo compuesto de 360°, ó la mitad de una línea meridiana que forma la mitad del círculo, y que va del uno al otro polo pasando por el equador. La *latitud* es igual á la *altura de polo*, porque la distancia de un pais al equador terrestre, ó la distancia de su zenith al equador celeste que llamamos *latitud*, es decir, ZQ (*fig. 6*) es igual á PH altura de polo, segun lo demostrado (*36*). Así averiguada la altura del polo sobre el horizonte de un lugar por el método expuesto (*35*), se sabe su latitud. Manifestarémos ademas en lugar oportuno otros medios de averiguarla. Se sigue tambien de la definicion de la latitud: 1.° que en los polos acaban todas las latitudes y se confunden en un punto: 2.° que qualesquiera puntos de la tierra situados baxo el mismo paralelo al equador, por distantes que esten entre sí en la superficie de la tierra, tienen la misma latitud: 3.° que los puntos terrestres, cuya latitud es de 45° estan á iguales distancias del polo y del equador, ó en medio del quadrante del meridiano que les corresponde. Y 4.° que *latitud* en la tierra es lo mismo que *declinacion* en el cielo (*30*).

112 Con saber la distancia de un lugar de la tierra al equador no se determina su posicion geográfica, porque esta distancia conviene á to-

cia su medio dia, cuyo punto en su situacion actual corresponde al N.; por consiguiente las latitudes á que sucesivamente vaya llegando seran mas y mas *australes*, pero no *meridionales*.

Tambien se acostumbra decir *latitudes elevadas, por latitudes distantes del equador* hácia el uno ó el otro de los dos polos, cuya expresion sin duda no es exácta en física, porque la tierra es ménos elevada en los polos que en el equador; y así es probable haberse introducido á causa de que la latitud es *cero* baxo la línea equinoccial, y se aumenta ó eleva numéricamente á medida que nos alejamos del equador.

dos los puntos del globo situados sobre la interseccion de la esfera y de un mismo paralelo, y así todos los puntos del mismo paralelo no pueden distinguirse mutuamente mas que por el *meridiano*, el qual es diferente para cada uno de ellos, y la observacion de los movimientos celestes da tambien el medio de fixarlos en esta segunda posicion. En efecto, como los planos de los diversos meridianos P A P′, P L P′ &c. (*fig.* 20), se cortan todos en el exe PP′ y giran sobre esta línea, deben corresponder sucesivamente á la misma estrella, y entre el paso de dos meridianos qualesquiera por la estrella debe mediar un espacio de tiempo, que será á la duracion de la rotacion entera del globo terrestre, como el ángulo que hacen estos meridianos es á 4 rectos; de suerte que si puede medirse el primer intervalo para compararlo con el segundo, se inferirá qué ángulo hacen entre sí los dos meridianos propuestos (1).

113 Esto se conseguiria si hubiese arbitrio para indicar con una señal, visible al mismo tiempo en lugares situados baxo distintos meridianos, el momento en que una estrella llega á uno de ellos; pues marcado este instante, un relox bien

(1) Si el astro pasa por el meridiano de un lugar 1h ántes que por el de otro, es prueba que su diferencia de longitud es de 15°, porque 15 es la 24.ª parte de 360 ó de la rotacion entera de la tierra sobre su exe, como 1h lo es de las 24 de que consta esta rotacion diurna; y que el pueblo que antes veia al astro sera mas oriental, porque su meridiano se presenta con antelacion al astro en virtud del mismo movimiento de la tierra de occidente á oriente. Si el astro que pasa aparentemente es el sol la diferencia de la hora de mediodia y de las demas será en los dos pueblos de 1h; y asi quando en el primer pueblo cuentan las 12, en el 2° serán aun las 11h.

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

arreglado daria la medida del tiempo que corrió entre este paso y el de la misma estrella por el otro meridiano. Si dos observadores, por exemplo, uno en Madrid y otro en Cádiz, se hubieran convenido en determinar en el mismo dia el paso de una misma estrella por el meridiano del pueblo que habitan, y pudiera verse en Cádiz una señal dada al momento en que la estrella pasa por el meridiano de Madrid, observarian que tardaba todavía 12′ á pasar por el de Cádiz; y siendo este intervalo la 144.ª parte de la duracion de una revolucion diurna de la tierra, resulta que el plano del meridiano que pasa por Cádiz, hace con el de Madrid un ángulo que es la 144.ª parte de 4 ángulos rectos, ó cuya medida es 2½°; conociendo por este medio, de cuya execucion trataré mas adelante, el ángulo que el meridiano P L P′ que pasa por el lugar L, hace con el meridiano P A P′ que pasa por un punto dado A, queda enteramente determinado el lugar L, si se conoce de antemano su latitud ó su distancia G L al equador E G F; porque entónces resulta que se hallará en la interseccion del semicírculo P L P′ y del paralelo L M trazado á esta distancia, en cuya interseccion no puede hallarse mas que un solo punto de la tierra. El ángulo de los meridianos P A P′ y P L P′, medido por los arcos E G ó H L comprehendidos sobre el equador ó sobre el paralelo, pues ámbos arcos constan del mismo número de grados, es la *diferencia en longitud* de los lugares A y L; y se llama *longitud* del lugar L quando el semicírculo P A P′ es el *primer meridiano*. Es, pues, la longitud de un lugar *el arco de un paralelo comprehendido entre dicho lugar y el primer meridiano*.

114 Hay una notable diferencia entre el término desde donde se cuenta la latitud de los lugares, y el que sirve para la numeracion de la longitud; el primero es fixo é invariable, y el segundo es arbitrario; la latitud se cuenta desde el equador, y por consiguiente tiene un orígen determinado por el mismo movimiento de la tierra, pero no la longitud; pues siendo todos los meridianos círculos máxîmos, no hay motivo para preferir uno á otro con el fin de que sirva de principio de la cuenta de las longitudes ó de *primer meridiano*; así es arbitraria esta preferencia, y por eso desde la antigüedad han variado mucho las naciones y los geógrafos en escoger para ello este ó aquel punto de la tierra. Tolomeo fixó el primer meridiano en las Islas Canarias ó *Fortunatas*, porque pensaba que eran el pais mas occidental del mundo; le imitáron los astrónomos franceses, los quales reunidos en Paris en 1634 por órden del Cardenal de Richelieu, determináron contar uniformemente las longitudes desde el meridiano que pasa por la Isla de *Hierro*, la mas occidental de las Canarias, y tal establecimiento fue adoptado por la mayor parte de las naciones de Europa durante muchos años. Hoy sin embargo apénas se estila en los libros sabios astronómicos y geográficos el uso de esta convencion, como ni el contar la longitud por un órden seguido de numeracion desde occidente á oriente, y desde 1° hasta 360°. Los astronómos de las naciones mas cultas acostumbran establecer su primer meridiano en el pueblo donde exîste el principal observatorio, y si no le hay, en la capital del pais donde escriben. Así los franceses cuentan las longitudes desde Paris, y los ingleses desde *Green-*

*wich*, donde en el siglo XVII estableció Cárlos II el Real Observatorio de Inglaterra, y cuyo meridiano no se diferencia mas que en 5' y algunos segundos al E. del de Lóndres. Solo algunos mapistas ignorantes, servilmente adictos á lo que una vez aprendiéron bueno ó malo, é incapaces de conocer lo que se adelanta en qualquier materia, siguen estableciendo la raiz de su cuenta de longitudes en la Isla de *Hierro*, ó en el *Pico* de la de *Tenerife*, otra de las Canarias, donde los holandeses han fixado por mucho tiempo su primer meridiano; y en verdad que esta montaña por su situacion al O. de todas las tierras europeas, y por su elevacion sobre el nivel del mar, que es de 4479 varas castellanas, segun las medidas del Baron de Humboldt, parece destinada por la naturaleza para punto comun de donde se contasen las longitudes, si en ello se conviniesen todos los sabios de Europa. Este convenio simplificaria la lectura de los libros de astronomía y viages, y así es de desear; mas entre tanto que se verifica, nosotros, siguiendo á las demas naciones cultas, estableceremos nuestro primer meridiano en Madrid, como que á este pueblo es á quien nos conviene reducir las distancias de los demas; y entre los varios puntos de la Corte, la cuenta se referirá al Seminario de Nobles por ser esta Real Casa donde por primera vez se ha adoptado este método de contar la longitud, y porque ningun otro punto con mas derecho debia escogerse para tal que aquel donde se enseñan de órden del Rey á la nobleza española la astronomía y geografía.

115 La distancia entre el Seminario de Nobles de *Madrid* y los principales puntos que se cuentan en los mapas por primer meridiano es así:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| De Paris..... | 6° | 21' | 11" | al O. |
| De Greenwich..... | 3 | 41 | 56 | |
| De la Isla de Hierro.. | 14 | 24 | 4 | al E. |
| Del Pico de Tenerife. | 12 | 47 | 59 | |
| De Cádiz..... | 2 | 34 | 4 | |

En Cádiz establecen su primer meridiano nuestros marinos con razon, porque allí tienen su Observatorio; del mismo modo que en los tiempos en que Sevilla era el emporio del comercio de América y la residencia de los cosmógrafos del Reyno, le fixaban en *Sevilla*, adonde, segun nos dice Argensola en su *Historia de las Malucas*, referian los astrónomos españoles del siglo xvi todas las conjunciones y oposiciones de los astros que observaban y calculaban para determinar la longitud de las Islas de la Especería quando habia disputas muy reñidas con los portugueses sobre su verdadero sitio. La idea de establecer en nuestra Corte el primer meridiano tiene ademas el apoyo mas sólido en nuestra misma historia; pues quando Toledo era el principal pueblo de España, entónces se estableció en esta ciudad, como lo hizo el Rey Don Alonso el Sabio y los astrónomos que siguiéron las *Tablas alfonsinas*. Todavía conservó la memoria el historiador Antonio de Herrera, quien siempre que trata de describir alguna isla, costa &c. cuenta su longitud desde Toledo, sin duda por conformarse con los papeles de los astrónomos, de donde sacaba los materiales para sus décadas de Indias. Por lo que toca al órden de contar la longitud, tambien se ha variado el antiguo método que producia ideas falsas sobre la posicion y distancias de los lugares, pues acostumbrándose á contar las longitudes desde la par-



THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

te oriental del primer meridiano escogido, y siguiendo en una direccion misma sobre toda la circunferencia del equador hasta que dada la vuelta al globo se llegaba al lado occidental del mismo primer meridiano, la longitud podia ascender hasta 360 grados, y un pueblo situado, por exemplo, á 350° de longitud, pareceria estar mas distante del primer meridiano que otro situado á 180 quando realmente distaba 170° ménos (1). En el dia se supone la circunferencia del globo de E. á O., y de O. á E. dividida en dos partes iguales que se empiezan á contar desde el primer meridiano. La semicircunferencia desde este punto hasta 180° mas al E. se llama *longitud oriental*, y la otra semicircunferencia hasta 180° mas al O. del primer meridiano *longitud occidental*; por donde se ve que la cuenta de longitud se encuentra de nuevo á 180° del primer meridiano, ó lo que es igual, en la mitad de la circunferencia del globo.

116 Para leer con fruto los viages y escritos geográficos es preciso á cada paso reducir *la longitud tomada de un primer meridiano qualquiera á otro*. El modo de hacerlo aparece de la resolucion de los quatro exemplos siguientes. 1.° Sea, v. g., *México*, cuya longitud tomada de Paris es de 102° 25′ 45″ O.; quiero saber qué longitud de Madrid tiene. Por ser esta capital occidental á Paris, resto de aquella suma su distancia recíproca, que es 6° 2′ 11″, y queda México á 96° 23′ 34″ O. de Madrid. 2.° Sea *Bayo-*

(1) En este caso el *primer meridiano* era á un tiempo el *primero* y el *último*; era á un mismo tiempo *terminus à quo*, y *terminus ad quem*. 360° y 0° de longitud no se distinguian entre sí mas que por la abstraccion matemática.

*na* de Francia, que está á 3° 48′ 41″ O. de Paris. Se ve aquí que está ménos occidental á Paris que Madrid: resto pues de la diferencia entre Paris y Madrid la longitud dada de Bayona, y la resta será el número de grados ó minutos que Bayona está de Madrid en sentido contrario, esto es, al E., y resulta 2° 13′ 30″. 3.° Supongamos sea *Viena*, Corte de los Archiduques de Austria, que está de Paris 14° 2′ 30″ al E. Entónces se le añade la diferencia de longitud con Madrid, y resulta la capital de Austria, de nuestra Corte á 20° 4′ 41″ E. 4.° El cabo *Nord-Este* de Asia, mas arriba del estrecho de Behering, está á 178° 28′ 30″ E. de Paris. Por la regla general dada en el 3.° caso para reducir la longitud á Madrid se sumaria dicha partida con la diferencia de Paris y Madrid, y así resultaria 184° 3′ 41″ de nuestra Corte; pero como en la actual cuenta de longitudes nò se pasa de 180°, es preciso para hallar la direccion y cantidad de grados en que se halla el *cabo N-E.* de Madrid, restar de este resultado 180°, que es la longitud oriental de que se trataba; quedan 4° 30′ 41″. Estos ya se ve que deben pertenecer á la occidental; resténse pues tambien de 180° que esta tiene, y quedarán 175° 29′ 19″, cantidad que dista el *cabo N. E.* de Asia al O. de Madrid. Sabiendo reducir longitudes del meridiano de Paris á Madrid, se sabrán igualmente las reducciones de qualquiera otro, contadas desde 1 hasta 180°, pues nò ofrecen dificultad alguna siempre que se tenga la diferencia entre ámbos meridianos que obran en la reduccion, y la longitud referida á uno de ellos, del pueblo que se ha de reducir. Jamas encargaré bastante á mis discípulos que adquieran

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

con una seguida práctica la facultad de hacer estas reducciones, sin lo qual leerán con embarazo y poco fruto los libros de astronomía y viages.

117 Si se trata de longitudes contadas por el método antiguo, es decir, haciendo el giro entero del globo por el oriente, se debe tomar la diferencia de longitud de los dos meridianos que se comparan; y si el meridiano de donde queremos contar está al occidente del otro, se añadirá esta diferencia á todas las longitudes contadas desde este otro, y en el caso contrario se restará. Por exemplo, el Pico de Tenerife está situado 1° 36′ al oriente del meridiano de la Isla de Hierro; luego con aumentar todas las longitudes tomadas desde esta montaña en 1° 36′, resultarán las longitudes referidas al meridiano de la Isla de Hierro, y al contrario restando 1° 36′ de las contadas desde este meridiano, se reducirán á longitudes del Pico de Tenerife. Quando las longitudes contadas desde 1 hasta 360°, y las divididas en 2 secciones *oriental* y *occidental* parten del mismo meridiano, todas las orientales hasta 180° son las mismas en el modo de contar antiguo que en el moderno; pero respecto á las longitudes occidentales basta restarlas de 360° para reducirlas de contadas por el método antiguo, á contadas por el moderno; y recíprocamente una longitud occidental que nunca pasará de 180°, se reduce á longitud contada por el método antiguo restándola de 360°. *Por exemplo*, Cartagena en América está marcada en los catálogos de posiciones geográficas á 281° 57′ de longitud del meridiano de Paris; restando esta cantidad de 360°, la diferencia 78° 3′ da la longitud occidental de esta misma ciudad con res-

pecto al mismo meridiano; y tal se halla en las relaciones y cartas marinas. La bahia de *Otaitipiha*, en la Isla de Otaiti, ha sido determinada por los navegantes á 151° 55′ 45″ de longitud occidental del meridiano de Paris; si restamos esta cantidad de 360°, la diferencia 208° 4′ 15″ será la longitud de aquella bahia contada por el método antiguo.

*Resolucion de varios problemas sobre la longitud y latitud.*

1.° *Dadas las latitudes de dos lugares hallar su diferencia.*

Quando ámbas latitudes se cuentan en el mismo hemisferio, réstese la menor latitud de la mayor, y el residuo es la diferencia de latitud.

Quando son correspondientes á partes opuestas del equador súmense, y la suma es la diferencia.

*Exemplo I.*

| | |
|---|---|
| Latitud de Madrid..... | 40° 25′ 22″ |
| De Tarragona..... | 41° 8′ 50″ |
| Diferencia..... | 00° 43′ 28″ |

*Exemplo II.*

| | |
|---|---|
| Latitud de Málaga..... | 36° 43′ 30″ N. |
| De Puerto Malespina en la Tierra magallánica.. | 45° 11′ 15″ S. |
| Diferencia..... | 81° 54′ 45″ |

2.° *Dada la latitud de un lugar y su diferencia de latitud con otro, hallar la latitud de este.*

Si la latitud dada y la diferencia son de

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

una misma denominacion, esto es, que la diferencia es hácia el polo del hemisferio en que se cuenta la latitud, súmese esta con la diferencia, y la suma es la que se busca con la denominacion de la primera.

*Exemplo.* Un viagero salió de la latitud de 40° 25′ N., y caminó hácia la misma direccion 12° 36′ pregúntase ¿en qué latitud se halla?

Latitud del primer término. 40° 25′
Diferencia..... 12° 36′

Latitud á que ha llegado... 53° 1′

Si la latitud y la diferencia dada son de contraria denominacion, réstese la latitud de la diferencia, ó al reves, y el residuo es la latitud que se busca de la misma denominacion que el mayor de los datos.

*Exemplo.* Un navío saliendo del Cabo de Buena Esperanza navegó hácia el N. 14° 16′ ¿en qué latitud se halla entónces?

Latitud del Cabo de Buena Esperanza..... 33° 55′ 15″ S.
Diferencia..... 14° 16′ N.

Latitud en que se halla..... 19° 39′ 15″ S.

*Otro exemplo.* Habiendo salido una embarcacion del Ferrol, navegó hácia el S. 56° 20′ 18″ ¿quiere saberse en qué latitud se halla entónces?

Latitud del Ferrol..... 43° 29′ 00″ N.
Diferencia..... 56° 20′ 18″ S.

Latitud en que se halla.... 12° 51′ 18″ S.

3.° *Dadas las longitudes de dos lugares, hallar su diferencia en longitud.*

Quando las longitudes se cuentan de O.

á E. hasta 360°, la diferencia de las dos longitudes es la que se busca.

*Exemplo. Amsterdam*, tomando el primer meridiano desde Madrid está 7° 33′ 41″ oriental. Madrid está de Paris 6° 2′ 11″ al E.

| | |
|---|---|
| Amsterdam..... | 7° 33′ 41″ E. |
| Paris..... | 6° 2′ 11″ E. |
| Diferencia entre Paris y Amsterdam..... | 1° 31′ 30″ |

Quando las longitudes de los dos pueblos se cuentan del primer meridiano una á oriente y otra á occidente, súmense las dos longitudes, y la suma es la diferencia en longitud. Si esta excede de 180°, réstese de 360°, y el residuo es la diferencia en longitud que se busca.

*Exemplo*

| | |
|---|---|
| La Isla de Hierro al O. de Madrid..... | 14° 24′ 4″ |
| Paris al E..... | 6° 2′ 11″ |
| Diferencia..... | 20° 26′ 15″ |

*Otro exemplo.*

| | |
|---|---|
| Cartagena de Indias..... | 71° 49′ 19″ O. |
| Manila..... | 124° 30′ 20″ E. |
| | 196° 19′ 30″ |
| | 360° |
| Diferencia de meridianos. | 163° 40′ 21″ |

4.° *Dada la longitud de un lugar, y la diferencia de longitud entre este y otro, hallar la longitud del segundo.*

Si la longitud y diferencia son de la misma denominacion, esto es, ámbas á oriente ú oc-

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

cidente del primer meridiano, la suma de los datos es la longitud que se busca.

*Exemplo.* Un navío salió de Lisboa; y navegó al O. 13° 1′ ¿se quiere saber en qué longitud se halla?

Longitud de Lisboa..... 5° 24′ 29″ O.
Diferencia en longitud..... 13° 10′

Longitud en que se halla... 18° 34′ 29″ O.

Quando la longitud y diferencia son de contraria denominacion, la diferencia de los datos es la longitud que se busca de la denominacion del mayor.

*Exemplo.* Un navío salió de Cádiz, y navegó al oriente 8° 5′ 9″: se pregunta ¿en qué longitud se halla?

Longitud de Cádiz..... 2° 34′ 4″ O.
Diferencia de longitud..... 8° 5′ 9″ E.

Longitud en que se halla..... 5° 31′ 5″ E.

118 Conocidas la longitud y latitud de dos pueblos, por exemplo A y L, se puede hallar su distancia recíproca en leguas, considerando (*figura* 20) un triángulo esférico A P L formado por los meridianos A P y P L de dichos lugares, y por el arco de círculo máxîmo que los une. En este triángulo se conocen los lados A P y P L, distancias de los puntos A y L al polo P ó complemento de sus latitudes, y el ángulo A P L medido por su diferencia en longitud; con tales datos las reglas de trigonometría esférica darán en grados y partes de grado el lado A L, que se convertirá en medidas itinerarias. Si los lugares A y L estuvieren en dos hemisferios diferentes respecto al equador, una de las distancias al polo

seria mayor que 90° todo lo que vale la latitud de uno de estos puntos. Sea A la posicion de Paris sobre la tierra, L la de Tolon, la latitud de Paris ó el arco A E de 48° 50′, no haciendo caso de los segundos; la de Tolon, ó el arco L G de 41° 7′, y la diferencia de longitud entre Paris y Tolon ó el arco E G, ó el ángulo E P G de 3° 37′; si se quiere saber quanta es la mas corta distancia de Paris á Tolon, nos figuraremos el arco A L de círculo máxîmo que la expresará, porque el camino mas corto para ir desde un punto á otro sobre la superficie de la esfera es un arco de círculo máxîmo que pase por estos dos puntos; restando de los arcos P E y P G ámbos de 90° las partes A E y L G tendremos los arcos A P y L P de 41° 10′ y de 46° 53′, y así conociendo en el triángulo A P L los dos lados A P y P L, y el ángulo comprehendido A P L, se calculará el tercer lado A L.

119 Para verificarlo tírese una perpendicular desde el ángulo en A al lado opuesto P L, y se calculará el segmento P X por esta proporcion.

R : Cos. 3° 37′ : : tang. 41° 10′ : tang. P X

| | |
|---|---|
| Log. Cos. 3° 37′..... | 9.9991342 |
| Log. tang. 41° 10′..... | 9.9417135 |
| Suma..... | 19.9408477 |
| Log. del radio..... | 1 |
| Resta ó log. tang. P X..... | 9.9408477 |

que en las tablas corresponde á 41° 7′; restando pues 41° 7′ de P L ó de 46° 53′, resultará el segmento L X de 5° 46′. Con estos datos para hallar el lado A L se dirá:

Cos. 41° 7′ : Cos. 5° 46′ : Cos. 41° 10′ : Cos.

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

A L. Calculándole igualmente por logaritmos resultará.

| | |
|---|---|
| Log. Cos. 41° 10'..... | 9.8766785 |
| Log. Cos. 5° 46'..... | 9.9977966 |
| Complemento aritmético del Log. Cos. 41° 7'.. | 0.1229904 |
| Suma ó Log. Cos. A L. | 9.9974655 |

de donde por las tablas se infiere que A L es de 6° 11', los que á razon de 20 leguas por grado valen unas 124 leguas, distancia mas corta de Paris á Tolon.

120 Quando los lugares, cuya distancia se quiere determinar, estan baxo el mismo meridiano; tomando la diferencia de su latitud, si son de la misma denominacion, es decir, ámbas *septentrionales* ó *meridionales*, ó la suma, si son de denominacion opuesta, y convirtiéndola en medidas itinerarias, resultará sin otro cálculo la mas corta distancia que media entre estos lugares, porque la latitud se mide por un arco de meridiano, que es un círculo máxîmo de la esfera. Si el arco de meridiano que los divide es, por exemplo, de 29° 45', se convertirá esta cantidad en leguas, multiplicando 29 por 20, cuyo producto será 580 leguas, y dividiendo 41' por 3, lo que dará 15, y reunidas ámbas partidas saldrá la distancia entre dichos puntos de 595 leguas. Quando los dos pueblos estan en un mismo paralelo no se debe tomar su diferencia en longitud por la medida de su distancia, á no ser que estuviesen en el mismo equador; porque como sus paralelos son círculos menores, cuyo radio disminuye á medida que estan mas próxîmos á los polos, sus grados no tienen el mismo valor que los de los círculos máxîmos; y por otra par-

te la extension ó longitud absoluta de sus arcos no da la verdadera medida de la mas corta distancia de las extremidades de estos arcos por las que se debe siempre concebir un arco de círculo máxîmo. En efecto, siendo el radio del paralelo mas corto que el del círculo máxîmo, su arco debe ser mas convexô, ó tener mas curvatura que el de un círculo máxîmo comprehendido entre los mismos puntos, y por consiguiente es mas largo. Así caminando en la misma direccion ó *alineamiento*, es decir, siguiendo el camino mas corto que sobre la superficie de la tierra lleva de un punto á otro, no puede andarse sobre esta superficie mas que un arco de círculo máxîmo.

121 Aunque sea diferente el valor de los grados de longitud en cada uno de los paralelos al equador, porque estos círculos menores son desiguales; sin embargo, su valor absoluto se saca fácilmente por el que tienen los de latitud ó de meridiano que es constante, observando que los valores de un grado en leguas son proporcionales á los radios de los círculos, y que los radios del equador y de los paralelos son las perpendiculares tiradas desde diferentes puntos del meridiano á su diámetro, como se ve en la figura 20 con las líneas E C y H K; por consiguiente si se toma el radio E C por el valor de un grado en el equador y se le divide en 20 partes que representen leguas, el número de estas partes contenidas en el radio H K del paralelo L M dará á conocer la longitud ó valor del grado de este paralelo. Infiérese de esta observacion que para determinar el valor de los grados en cada paralelo basta describir sobre una línea E C que represente el valor del grado del meridiano ó del equa-

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

dor un quarto de círculo E P dividido en grados, y baxar perpendiculares desde cada punto de division al radio C P: estas líneas serán los valores respectivos del grado de los paralelos en todas las latitudes. Como la línea H K es el seno del arco P H, y el coseno del arco E H, de los quales el primero mide la distancia del paralelo H M al polo, y el otro la latitud de este paralelo, se sigue que tomando por unidad el grado del equador, el de un paralelo qualquiera será el coseno de la latitud dado por las tablas trigonométricas. Así el problema de *señalar el valor en leguas de los grados de longitud en qualquiera paralelo dado*, se resuelve por esta proposicion.

R. : Cos. latitud : : 20 leguas : X.

Por exemplo, si quiero saber quantas leguas vale el grado de longitud á 16° de latitud, ó en el paralelo de 16°, sacaré por dicha analogía que vale 19,22 leguas, y tal es, con efecto, el valor que se le señala en las tablas contenidas en varios cursos de geografía, todas calculadas por este principio: por consiguiente un viajante caminando de oriente á occidente, ó *vice versa*, 19 leguas sobre el paralelo 16° variará un grado en longitud. A 60 grados de latitud, el grado del paralelo se reduce á 10 leguas, porque el coseno de 60°, ó el seno de 30°, no es más que la mitad del radio. Para averiguar por el contrario quantos grados y minutos de longitud corresponden á cierto número de leguas andadas en un paralelo conocido, se presenta la expresada analogía de trigonometría esférica en estos términos:

Cos. latitud : radio : : número de leguas andadas en el paralelo : X. Este 4.° término será el nú-

mero de leguas del arco correspondiente á un círculo máximo, que señala la variacion en longitud. Por exemplo, suponiendo que en el paralelo de 45° 25′ se han andado 14 leguas sin salir de la misma latitud: si se quiere saber quanta ha sido la variacion en longitud por medio de la proporcion Cos. 45° 25′, ó seno 44° 35′: R:: 14 leguas: X, se deducirá por 4.° término 19,945 leguas, las quales á razon de 20 leguas por grado dan 0° 59′ 50″ por la variacion en longitud.

122 Las distancias entre dos lugares que se deducen por su diferencia de altura de polo, ó que corresponden al arco de un círculo máximo interceptado entre ámbos, cuyas distancias son las únicas que el geógrafo emplea en la descripcion del globo (1), nunca corresponden á los espacios ó intervalos que cuentan los caminantes, los quales se hacen cargo en sus cómputos de las revueltas, asperezas, barrancos, subidas y otras dificultades del camino. Sin embargo, para reducir los espacios en línea recta que calcula la geografía, á las distancias vulgares, se suele señalar un medio proporcional conforme á la doctrina de Al-Biruni, astrónomo árabe; y es, que á la suma de la distancia verdadera geográfica se añada la quinta parte: por exemplo, entre Madrid

(1) La razon es clara. Supongamos que entre dos lugares cuyo arco de círculo máximo intermedio corresponde á 45′ de grado cuenten los caminantes 20 leguas nuestras, por quanto segun las revueltas, subidas y baxadas del camino se necesitan realmente el número de pasos que se incluyen en 20 leguas; si el geógrafo marcase estos lugares en su globo ó mapa conforme á esta distancia, los apartaria 1° de círculo máximo, siendo así que no distan tanto entre sí. Por consiguiente si ha de situar, como debe, los lugares, ha de discordar forzosamente de las distancias vulgares.

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

y Toledo la distancia geográfica es de 10 leguas próximamente: si á 10 se añade su quinta parte, que es 2, resultan 12 leguas, y este es el camino que cuentan de Madrid á Toledo; si, por el contrario, se quisieran reducir las leguas vulgares á las reales quítese de aquellas la sexta parte; así quitando de 12 su sexta parte, que son 2, quedan las 10 señaladas. Advierto que esta no es mas que una regla prudencial, pero muy distante de la exâctitud trigonométrica, y así pocas veces dará un resultado riguroso, ó porque el camino es mas ó ménos recto, y las leguas de los caminantes, como sacadas por mera estimativa, en unas partes son largas y en otras cortas, ó por todo junto.

123 Supuesto que la diferencia de meridianos se determina por la diferencia de tiempo que cuentan en un mismo instante, por exemplo, en el momento del paso de un cierto meridiano por el sol, los pueblos situados sobre estos meridianos, se podrá medir la longitud, ó en tiempo ó en grados; y con efecto para facilitar ciertos cálculos se cuenta algunas veces en tiempo, es decir, en horas; pero en consideracion á los principios establecidos (*117*) será siempre muy fácil reducir uno de estos modos de contar al otro. Trátase, por exemplo, de convertir los grados en tiempo; como 15° valen $1^h$ ó 60′, un grado valdrá 4′ de tiempo, 1′ de grado, 4″ de tiempo, y así en adelante; luego para *reducir los grados, minutos y segundos de grado á tiempo, se debe quadruplicar todo, y contar sucesivamente las partes de este producto por minutos, segundos y terceros de hora.* Por exemplo, si tengo 17° 52′ 43″ de longitud, quadruplicados se-

rán 71° 30′ 52″; tomando los grados, minutos y segundos de este producto por minutos, segundos y terceros de hora, resultan 71′ 30″ 52‴ = 1ʰ 11′ 30″ 52‴. Si se quiere, al contrario, reducir el tiempo á grados, una vez que una 1ʰ corresponde á 15°, 1′ de tiempo corresponderá á 15′ ó á ¼ de grado, 1″ de tiempo á 15″ ó ¼ de minuto de grado, y así en adelante. Luego *para convertir las horas y partes de hora en grados y partes de grado, se reducirán las horas y minutos de tiempo todo á minutos, despues se contarán estos minutos, los segundos y los terceros por grados, minutos y segundos de grado y la quarta parte de todo será el número de grados y partes de grado pedido.* Por exemplo, si quiero saber á quantos grados y partes de grado corresponden 7ʰ 17′ 42″ 53‴, mudaré esta cantidad en 437′ 42″ 53‴. Contándola por 437° 42′ 53″, y tomando la quarta parte resultará el número pedido de grados y partes de grado de 109° 25′ 43″ 15‴.

124 Reflexionando sobre lo que se ha dicho (*113*) acerca de los *meridianos terrestres y longitudes geográficas*, se advertirá que los meridianos en que se cuentan los grados de latitud no se consideran propiamente en la geografía como círculos enteros, aunque tales sean en efecto, y así los miren los astronómos; sino que por *meridiano geográfico* se entiende en rigor la mitad del círculo de longitud baxo el qual está situado un pueblo, y así estos meridianos son semicírculos que se reunen todos en los polos del globo; y los semicírculos que hacen su complemento, y que les estan opuestos por consiguiente, se llaman *antimeridianos*. Paris, por exemplo, se su-



THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

pone situado en números redondos á 20° E. de la Isla de Hierro; si continuamos este mismo meridiano de Paris en el hemisferio opuesto coincidirá con el de 200° al E., ó lo que es igual con el de 160° al O. de la Isla de Hierro. Síguese tambien que todos los pueblos de la misma longitud tienen las horas y el mediodia al mismo tiempo, y los que estan situados en el *antimeridiano* ó á 180° de longitud las tienen encontradas, por exemplo, media noche quando para los otros es mediodia, y que para saber quánta es la diferencia de horas que se cuentan al mismo tiempo en un pueblo y en otro no hay mas que sacar su diferencia de longitud, observando quál de los dos pueblos es mas oriental, y el que lo sea, como tendrá el mediodia ántes que el otro, tanto como valga en tiempo su diferencia de longitud en grados, porque su meridiano se presentará otro tanto ántes enfrente del sol, tendrá igualmente con la misma anticipacion las demas horas que siempre se cuentan desde el momento en que el meridiano del pueblo donde se está pasa por el sol; lo contrario sucederia si el otro pueblo fuese occidental. Quiérese averiguar, por exemplo, qué hora será en Roma y en México quando en Cádiz sean las 9 de la mañana: redúcese á tiempo la diferencia de longitud de estos tres pueblos, que segun el *conocimiento de tiempos es* =

Roma 18° 45′ E. de Cádiz = $1^h\ 15'$.

México 93° 48′ 15″ al O. = $6^h\ 15'\ 1''$.

Así, siendo las 9 en Cádiz, serán ya en Roma las $10^h\ 15'$, y en México serán todavía las $2^h\ 44'\ 48''$ de la mañana.

125 Podemos observar con esta ocasion que

si un viagero diese la vuelta al globo caminando hácia el oriente, á su vuelta contaria un dia mas que se cuenta en el lugar de donde salió; porque el supuesto viagero, despues de haberse adelantado 15° hácia el oriente, se hallaria en un parage donde contaban mediodia quando no serian mas que las 11 de la mañana en el pueblo de su partida, y así entónces ya contaria una hora mas que los habitantes de su pais; caminando hasta 30° contaria dos horas mas; hasta 180° 12 horas mas; y finalmente, quando hubiera completado el giro de la tierra, ó corrido 360°, contaria 24 horas, ó un dia entero mas que los de su pais: por el contrario, otro viajante que diese la vuelta á la tierra por el occidente contaria á su vuelta un dia ménos que sus compatriotas, y así el primero llamaria *Viernes* al dia que estos llaman *Jueves*, y el segundo á este mismo dia le llamaria *Miercoles*; de modo que los dos viageros y sus compatriotas darian el nombre de *Jueves* á tres dias diferentes de la semana; no es pues hablar exâctamente quando para denotar una época que nunca ha de llegar se dice en chanza, *la semana de tres Jueves*. Varenio en su *Geografía general* advierte que en Macao, ciudad marítima de la China, los portugueses cuentan habitualmente un dia mas que los españoles en las Islas Filipinas, y así quando aquellos celebran ya el Domingo de Pascua, estos todavía no han salido de la quaresma, á pesar de vivir tan cerca unos de otros, lo qual proviene de que los portugueses establecidos en Macao llegáron allí por el Cabo de Buena Esperanza navegando hácia el oriente, y al contrario los españoles llegáron á las Filipinas por la América y el gran



THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

océano yendo hácia el occidente. De las relaciones de Magallanes consta tambien que quando en 1522 los compañeros de este inmortal y desgraciado navegante, despues de dar la vuelta al mundo caminando hácia O., de regreso á Europa arribáron á las *Islas de Cabo Verde* en la costa de Africa, advirtiéron con extrañeza que en la Isla se contaba Jueves quando ellos contaban aun Miercoles, y lo atribuyéron falsamente á error cometido en la cuenta.

126 El célebre Tolomeo fue el primer geógrafo que adoptó la feliz idea de señalar la situacion de los pueblos de la tierra por sus longitudes y latitudes, idea debida sin duda á Hipparco astrónomo anterior á su tiempo 400 años, quien habiendo emprendido la formacion de un catálogo de estrellas, para marcar con exâctitud su posicion en los cielos pensó medir su distancia por los círculos de la esfera, calculándola en grados de oriente á occidente ó de N. á S., y aplicó este método, que le fue muy útil en sus investigaciones astronómicas, á las descripciones geográficas; siendo una circunstancia muy digna de notarse, dice Roberton, que observando y describiendo los cielos fue como los hombres aprendiéron por primera vez á medir y describir la tierra con exâctitud. Es verdad que las denominaciones de *longitud* y *latitud* son poco convenientes quando se trata de un globo ó bola, qual es la tierra con poca diferencia, donde no hay ancho ni largo, sino que todos los extremos de la figura distan igualmente del centro; así esta expresion parece ha traido su orígen del tiempo en que los hombres conocian muy pocas tierras de N. á S. y muchas mas de E. á O., como les

sucedió á los griegos y romanos, ó de quando la navegacion estaba circunscripta á nuestro *mediterráneo*, cuyo largo (*longitudo*) se extiende de oriente á occidente; y lo ancho (*latitudo*) de norte á mediodia. Los geógrafos y marinos modernos han adoptado estas denominaciones tales como las recibiéron de los antiguos, sin exâminar si convenian igualmente á todos los mares y al estado actual del conocimiento de la tierra; y el tiempo las ha consagrado.

## LECCION VIII.

*Movimiento anual de la tierra, causa de las estaciones. El sistema copernicano no se opone á la escritura. Trópicos. Círculos polares. Zonas. Temperatura de las diferentes regiones del globo. Division de los habitantes de la tierra en varias clases por razon de sus sombras, y de su situacion en longitud y latitud. Antípodas. Obliquidad de la eclíptica. Medida del tiempo verdadero y del medio.*

127 A mas del movimiento diurno aparente comun á todos los astros, el sol en el espacio de un año parece que se acerca alternativamente al uno y al otro de los polos. Por otra parte, si se le compara con las estrellas, observando una de las que se esconden baxo el horizonte poco despues que el sol, se verá que disminuye el intervalo entre estos dos fenómenos, y que bien pronto dexa de verse la estrella obscurecida por la luz del sol, cuyo astro por consiguiente se ha acercado á ella adelantándose hácia el oriente. Algunos dias despues vuelve á dexarse ver la misma estrella al

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

oriente poco ántes de nacer el sol, y se aumenta cada dia el intervalo entre este instante y el que en la estrella llega al horizonte, prueba de que el sol se ha apartado mas y mas hácia el oriente, hasta que despues de 365 dias la estrella y el sol vuelven á hallarse en las mismas posiciones relativas. Así el sol parece animado de dos movimientos, uno en la direccion de mediodia á norte y de norte á mediodia, y otro en la de occidente á oriente.

128 Se explican desde luego estas apariencias muy sencillamente dando al sol un solo movimiento al rededor de nuestro globo que se repite todos los años ó *anual*, y que se executa en un plano inclinado al exe terrestre, pues que el sol se ladea alternativamente hácia el uno y el otro polo ó hácia el uno y otro extremo del exe; pero las circunstancias del movimiento de los otros planetas no se acomodan á ninguna explicacion admisible, si se supone que el movimiento de estos cuerpos se hace al rededor de la tierra, siendo así que haciéndoles mover al rededor del sol, y atribuyendo tambien á la tierra el movimiento anual de este astro, la combinacion de tales movimientos absolutos da á cada planeta visto desde la tierra un movimiento relativo perfectamente conforme á todas las apariencias y capaz de representarlas con la mayor precision. Por este medio restituyó Copérnico al *sistema del mundo* (1) la sencillez y exâctitud que habia perdido con los multiplicados esfuerzos hechos despues de Tolomeo por los partidarios de la inmovilidad de la tierra, para explicar la causa por qué los pla-

(1) Por sistema del mundo se entiende la disposicion que tienen entre sí los cuerpos celestes y las órbitas planetarias.

netas parecia unas veces que cesaban momentáneamente de moverse, y otras que mudaban de direccion; fenómeno embarazoso y casi inexplicable de otra manera que con los principios del sistema copernicano que lo acredita de pura apariencia, como se demuestra en la astronomía.

129 Pensó pues el astrónomo polaco que al mismo tiempo que la tierra giraba sobre su exe de occidente á oriente en el intervalo de un dia (67), su masa conducida en el espacio absoluto, de oriente á occidente, hacia una revolucion entera al rededor del sol en el intervalo de un año, y en un plano inclinado al equador. Cada dia tenemos á la vista montones de exemplos de estos dos movimientos simultáneos en un mismo cuerpo. El *peon* con que juegan los muchachos es uno de los mas familiares, pues miéntras da vueltas rápidamente sobre el pedazo de hierro que le atraviesa y que forma su exe, describe tambien en el suelo curvas muy variadas y dependientes del modo con que se le ha lanzado; lo mismo sucede con qualquiera bola, que si no se la toca en una direccion que pase por su centro, contrae un movimiento sobre sí misma ó de rotacion á mas del movimiento progresivo que resulta de la impulsion que recibió. Estos dos exemplos bastan para comprehender los dos movimientos de la tierra.

130 Fácilmente se concebirá de qué manera el movimiento anual de la tierra produce los fenómenos de la dislocacion aparente del sol, si se entienden bien las consequiencias del *paralelismo* que el exe terrestre conserva en todas las posiciones que esta ocupa. Este exe inclinado respecto al plano en que el centro de la

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

tierra executa su movimiento al rededor del sol, siendo siempre paralelo á sí mismo, ó correspondiendo sensiblemente á los mismos puntos del cielo, presenta alternativamente cada una de sus extremidades ó cada uno de los polos hácia el sol, como se ve en la figura 30, donde las líneas P P′ paralelas entre sí representan el exe de la tierra, y S el centro del sol. El paralelismo del exe hace que el polo P, el mas cercano al sol quando la tierra está en B sea el mas distante quando esta se halla en D, porque en la primera posicion la inclinacion de la parte P B del exe está vuelta á lo interior de la curva A B C D y al contrario está vuelta hácia fuera quando la tierra se halla en D. Hay tambien dos puntos intermedios A y C en los que el exe P P′ no se inclina ni hácia el sol ni al lado opuesto, y la línea C S A, que une los centros del sol y de la tierra en estas dos posiciones opuestas, es perpendicular al exe P P′. En todos los demas puntos de la órbita A B C D el exe terrestre se inclinará necesariamente hácia el sol ó hácia el lado opuesto; pero las dos primeras posiciones y las dos intermedias son las que producen las *estaciones*, y por eso voy á considerarlas particularmente.

131 La figura 31 se refiere al caso en que el polo P sea el mas próximo al sol. Siendo la distancia del sol á la tierra muy considerable, comparada con el diámetro terrestre, los rayos de aquel astro pueden mirarse como sensiblemente parálelos á la línea S O que une los centros de ámbos cuerpos. Es tambien claro que la superficie terrestre, en qualquiera instante que se la considere, se halla dividida en dos partes, estan-

do iluminada la parte que mira al sol, y obscura la que corresponde al lado opuesto, pues de una esfera nunca podrá presentarse al sol más que la mitad. Un círculo máximo I L K′, trazado perpendicularmente á la línea S O determina el límite que separa ámbas partes, una vez que este círculo abraza la superficie que la tierra presenta al sol, y que los rayos de luz S I, S K que llegan á su circunferencia no hacen mas que rozar ligeramente con el globo; por eso se le llama *círculo de iluminacion.*

132 Esto supuesto, como el equador E L F es un círculo máximo, queda dividido en dos partes iguales por el círculo de iluminacion (*33*); cada uno de sus puntos andá por efecto de la rotacion diurna la mitad de la circunferencia en la parte iluminada de la tierra, y goza por consiguiente de la presencia del sol durante la mitad del tiempo de esta rotacion, ó durante la mitad del dia. De aquí procede que en los lugares de la tierra situados sobre este círculo, los dias son iguales á las noches, y de aquí proviene tambien que al equador se le dé algunas veces el nombre de *línea equinoccial.* Todos los círculos que describen los diferentes puntos del arco P E, por ser círculos menores serán divididos en dos partes mas y mas desiguales por el círculo de iluminacion á medida que esten mas cerca del polo; la mayor porcion se hallará en la parte iluminada, y la menor en la parte obscura; y así en todos estos puntos la duracion del dia es mas grande que la de la noche, aumentándose esta desigualdad ó el exceso del dia en tal progresion, que llega el caso de no haber noche en toda la region terrestre comprehendida mas cerca:

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

del polo que el círculo I K, ó en la situada en el mismo círculo I K descrita por el punto I adonde llega aquel rayo solar que roza con la tierra mas cerca que ningun otro del polo P, porque la figura manifiesta que este círculo está todo entero en la parte iluminada, é igualmente los paralelos mas próximos al polo. En el otro hemisferio E P′ F sucede lo contrario, pues mas allá del equador E L F yendo hácia el polo P′, los círculos descritos paralelamente al equador, como los corta mas y mas desigualmente el círculo de iluminacion I L K, tienen su mayor porcion en la parte obscura, y la menor en la parte iluminada, de manera que la duracion de las noches excede mas y mas á la de los dias, y la region terminada por el círculo I′ K′, descrito por el punto K′ en donde cae aquel rayo del sol que entre todos da con la tierra mas cerca del polo P′ no tiene dia, porque toda entera se halla en la parte obscura. Por otra parte el rayo S O, dirigido hácia el centro de la tierra, cae perpendicularmente sobre su superficie en el punto H, y girando este punto al rededor del exe P P′, describe un círculo H G, cuyos puntos todos vienen sucesivamente á pasar á plomo por baxo del sol; pero de uno y otro lado de este círculo los rayos solares llegan mas y mas obliquamente hasta que son horizontales sobre los círculos I K, I′ K′, porque allí no hacen mas que rozar con la tierra. De aquí se sigue que el sol parece sobre el horizonte en altura tanto mayor quanto el lugar de este horizonte está sobre un círculo paralelo al equador, mas próximo á G H.

133 En la figura 32, en la qual la parte O P del exe terrestre está vuelta en sentido contra-

rio al lugar del sol, se debe aplicar al hemisferio E P′ F, lo que se ha visto precedentemente para el hemisferio E P F y *vice versa*; así en el primero será donde los dias durarán mas que las noches; el sol corresponderá perpendicularmente sobre los puntos del círculo G′ H′ &c., y se verificará lo contrario en el hemisferio E P F. Quando la tierra está en A ó en C (*fig. 30*), y el rayo solar S A ó S C, dirigido hácia el centro de la tierra es perpendicular al exe P P′, este se halla en el plano del *círculo de iluminacion* cuyo círculo entónces divide en dos partes iguales, no solamente al equador, sino á todos los círculos que le son paralelos; de suerte que la parte iluminada abraza tanto como la parte obscura, y en esta posicion para todos los puntos de la superficie terrestre dura tanto el dia como la noche. Por lo mismo se llaman *equinoccios* los puntos A y C, y las épocas en que el centro de la tierra llega á ellos.

134 El tiempo que emplea la tierra en ir del punto A al punto B, y durante el qual el polo ártico P se acerca mas y mas al sol, es la *primavera astronómica* para el hemisferio E P F, porque presentándose mas y mas baxo el plano del equador respecto al sol, parece qué este astro se eleva hácia el polo. Quando llega á B el semiexe B P de la tierra, es quando se halla lo mas inclinado que puede estár hácia el sol; por eso este astro parece entónces estar en su mayor proximidad al polo P, y el *estío* comienza para el hemiferio E P F en este punto, que se llama tambien *solsticio* de *estío*, porque la situacion del exe P P′ varía muy poco, durante muchos dias, en las inmediaciones de B. El estío dura hasta

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

que la tierra llega al segundo equinoccio C, y comienza el *otoño*; pues entónces como el polo P se ha alejado del sol, parece que este astro desciende, y que ha vuelto al plano del equador. Despues de su paso por el punto C, aumentándose mas y mas la inclinacion del semiexe C P hácia el lado opuesto al sol, nos parece del mismo modo que este desciende baxo del equador hasta que la tierra está en D, lugar donde la inclinacion del semiexe D P se presenta directamente opuesta al sol, el qual por consiguiente parece que llega al límite de su descenso baxo del equador. En este punto comienza el *invierno* del hemisferio E P F, y se le llama *solsticio de invierno* porque el exe queda tambien muchos dias casi en la misma situacion. El tiempo que la tierra emplea en volver al punto A, determina la duracion del invierno (1), y durante este intervalo el polo P se acerca al sol, cuyo cuerpo luminoso parece en conseqüencia que sube hácia el equador, y que llega á la línea, quando estando la tierra en A acaba su revolucion anual (2). Respecto del

(1) La primavera comienza en 20 de Marzo, el estío en 21 de Junio, el otoño en 23 de Setiembre, y el invierno en 21 de Diciembre.

(2) Puede ofrecerse á los jóvenes exemplo sensible del paralelismo del exe de la tierra y de su movimiento anual, haciendo girar al rededor de una mesa un globo ó solamente un anillo cuyo exe esté inclinado, por exemplo, siempre hacia el mediodia; puesta sobre la mesa una luz alumbrará perpendicularmente una de las extremidades, luego el medio y despues el otro extremo segun que el cuerpo se halle al medio, á este ó al otro extremo de la mesa. Así suponiéndose el exe siempre paralelo á sí mismo quando le tiera esté en los signos de Libra y Aries en los meses de Marzo y Setiembre el rayo solar corresponderá perpendicularmente á un punto del equador, supuesto que en los meses de Junio y Diciembre correspondia al N. y S. del mismo equador.

hemisferio opuesto E P′ F las estaciones siguen el órden contrario; la primavera de este hemisferio corresponde al otoño del otro, el estío al invierno, el otoño á la primavera, y el invierno al estío. Es de notar, sin embargo, que como la tierra anda su órbita elíptica con velocidad desigual, las estaciones astronómicas tambien son desiguales en duracion recíproca para los hemisferios del norte y del sur, pues el sol parece que gasta mas tiempo en recorrer los signos septentrionales donde permanece 186 dias, 11 horas, 48′, que los australes donde solo está 178 dias, 18 horas 22′. Esta diferencia de 7 dias 17 horas 26′, que es la mayor cantidad de tiempo que el sol reside aparentemente en el hemisferio septentrional debe considerarse como la principal razon porque los hielos eternos son mas extendidos y considerables hácia el polo terrestre del sur que hácia el del norte.

135 En el orígen de la astronomía refiriéron los hombres el movimiento aparente del sol á 12 grupos de estrellas fixas, ó *constelaciones* que parece atraviesa sucesivamente; tres en cada estacion. Sus nombres y los caractéres de que se sirven los astrónomos algunas veces para representarlos son (*fig.* 6)

*Septentrionales.*

♈ Aries ♉ Tauro ♊ Géminis. *Primavera.*
♋ Cancer ♌ Leo ♍ Virgo. *Verano.*

Se han inventado tambien varias máquinas para representar este fenómeno y la mudanza de las estaciones, las que se llaman *geocíclicas*, pero no son indispensables. Solo necesitan de ellas los jóvenes de tarda y poco fecunda imaginacion.

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

*Meridionales.*

♎ Libra ♏ Escorpion ♐ Sagitario. *Otoño.*
♑ Capricornio ♒ Aquario ♓ Piscis. *Invierno.*

Llámanse tambien *signos del zodiaco* porque ocupan en el cielo una faxa ó zona D r K F R G en la qual se hallan siempre los planetas conocidos antiguamente, que se apartan poco de la *eclíptica* ó camino aparente del sol r C R hácia uno y otro lado; pero los planetas descubiertos últimamente por los astrónomos Piazzi y Olbers tienen sus órbitas, especialmente *Palas*, mucho mas allá de los límites señalados al zodiaco. El nombre de *septentrionales* y *meridionales* le toman los signos de su situacion en la esfera celeste al N. ó al S. del equador.

136 Todas las apariencias de este movimiento del sol en la eclíptica, atravesando los signos del zodiaco, nacen del verdadero movimiento de la tierra. Quando esta se halla en *Aries* el sol nos parece corresponder á *Libra*, que es el signo opuesto; se adelanta la tierra 30°, y se pone en el *Toro*, entónces el sol nos parece que se adelanta otro tanto, y le vemos en *Escorpion*: en suma, el lugar aparente del sol está siempre opuesto 180° ó 6 signos al lugar verdadero de la tierra. Sea S el sol (*fig.* 33), T R la órbita de la tierra, ♈ ♋ ♎ ♑ el círculo celeste llamado eclíptica, en el qual se imaginan los 12 signos á distancia infinita de nosotros; el sol S. parece corresponder á ♎ quando la tierra está en T, porque el rayo visual dirigido de la tierra al sol, se extiende hácia el signo de ♎, y decimos que en-

tónces el sol está en *Libra*; pero si viésemos á la tierra T desde el sol S. por el rayo S T, nos pareceria esta en *Aries*; y en general el lugar de la tierra en la eclíptica es siempre diametralmente opuesto al aparente del sol. Por consiguiente describiendo la tierra una órbita anual T R que la haga corresponder sucesivamente á todos los puntos ♈ ♋ &c., verá al sol corresponder al mismo tiempo á los puntos opuestos de la eclíptica, y el movimiento anual de la tierra producirá necesariamente el aparente del sol tal como se nos presenta en la observacion (*127*).

137 Por un efecto de cierto movimiento particular, aunque muy lento, del exe de la tierra, las constelaciones no corresponden ya á los mismos puntos de la órbita terrestre á que correspondian en siglos pasados; y como ademas no tienen todas la misma extension, se ha transferido el nombre de *signos* á las 12 divisiones de la circunferencia del círculo que mide la revolucion entera de la tierra, cada una de las quales comprehende 30°, y se distinguen ahora los *signos del zodiaco de las constelaciones del zodiaco*, reservándose especialmente esta última denominacion para los grupos de estrellas y verdadero sitio de estas. En virtud de este convenio, el equinoccio de la primavera corresponde siempre al primer punto del signo de Aries; el solsticio de estío al primer punto de Cáncer, el equinoccio de otoño al primer punto de Libra, y el solsticio de invierno al primer punto de Capricornio, aunque el sol en estas épocas del año no corresponda ya á las constelaciones ó grupos de estrellas que llevan aquellos nombres.

138 La ignorancia ó la ciega preocupa-

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

cion, quisiéron en otro tiempo echar por tierra el sistema copernicano, á cuyo favor conspiran tantas pruebas astronómicas, que como observa Lalande, un tratado de astronomía es una série no interrumpida de argumentos á su favor, tachándole de impío y contrario á las sagradas escrituras. Algunos grandes hombres fuéron víctimas de esta acusacion infundada, con la que se consiguió intimidar á los espíritus débiles y mantener por muchos años el reyno del error; pero despues que Galileo sufrió en obscuras cárceles, las penas y privaciones que suelen á veces acompañar á los eficaces propagadores de verdades importantes desconocidas del vulgo (1), las luces mas generalizadas y el espíritu de crítica mas extendido han hecho ver que el sistema copernicano en nada se opone á la religion, ni contradice á la autoridad de algunos pasages mal aplicados de la Biblia. Es muy notable que habiendo dedicado Copérnico al Papa Paulo III la obra de *Revolutionibus orbium*, en que

(1) Galileo, nacido en Pisa en 1564, inmortalizó su nombre con los descubrimientos mas importantes, como la ley de la aceleracion en la caida de los cuerpos graves, el uso del telescopio en las observaciones celestes, las manchas del sol, los satélites de Júpiter, y la libracion de la luna. Partidario ardiente del sistema de Copernico, fue condenado á abjurarlo en 1633, y metido en una prision á los 70 años de edad „siendo un espectaculo singular, di„ce Baylli, ver así á un viejo cubierto de cabellos enca„necidos por el estudio, por sus tareas y por sus beneficios „hácia los hombres." Libre de la prision, y confinado á un pequeño pueblo de Toscana, todavia se consolaba allí de las desgracias con su querida astronomía, y aumentaba la masa de los conocimientos humanos con nuevos descubrimientos quando perdió repentinamente la vista. Siendole ya en adelante la vida desagradable y pesada, esperó tranquilamente su término y murió en 1642 con toda su gloria, mas difícil de perderse que la libertad.

dió á luz por primera vez su sistema, concebido y meditado por espacio de 36 años, no hable palabra en la dedicatoria, en que se justifica de otros cargos ú objeciones que preveía, de dificultad alguna que ofreciesen contra él ciertos pasages de la escritura. Siendo Paulo III un Pontífice muy instruido, hubiera sido en efecto superflua la justificacion de Copérnico; porque ¿quién no ve que quando Josué dixo al sol que se detuviese, debió hablar delante de su exército en lenguage vulgar para darse á entender? Y supuesto que los astrónomos convencidos de la verdad del sistema copernicano, dicen aun, y nosotros diremos muchas veces, que el sol nace y se pone, hubiera sido ridículo en Josué usar de expresiones mas sabias hablando á hombres ignorantes y simples (1).

139 Como en su camino aparente el sol que se aproxîma alternativamente á uno ú otro de ámbos polos, pasa sucesivamente por el zenith de todos los puntos de la tierra comprehendidos entre los dos círculos G H y G′ H′ (*fig. 31 y 32*) paralelos al equador, sobre los quales

(1) Véase el lib. v de la *astronomía* de Lalande, donde se halla una completa justificacion del sistema de Copérnico en lo respectivo á las dificultades que se le objetan, tomadas de las Santas Escrituras y censuras eclesiásticas, y véase sobre todo el papel de Don Jorge Juan intitulado *Estado de la Astronomía en Europa* &c., escrito expresamente para dar á conocer el sistema copernicano, y para que pudieran abrazarlo los mas timoratos sin riesgo de su opinion ni de su religiosidad. Este papel se imprimió suelto, y se puso tambien al frente de la edicion que se hizo de sus *Observaciones astronómicas y físicas* despues de su muerte, en la que se halla tambien la vida de este grande hombre, honor de la marina española. Ya se ha suprimido del *Index* de los libros prohibidos en Roma, el artículo que comprehendia todos aquellos en que se sostiene el movimiento de la tierra.



THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

corresponde á plomo en el solsticio de estío ó en el de invierno, son por consiguiente estos círculos los límites donde el sol parece que se detiene en cada hemisferio, y de este destino toman el nombre de *trópicos* (1), llamándose *trópico de Cáncer* el que corresponde al solsticio de estío, y el otro *trópico de Capricornio*. Los círculos I K, I′ K′, que terminan hácia cada polo la parte que ilumina el sol quando está en el trópico respectivamente opuesto, han recibido el nombre de *círculos polares*, y se distinguen por la denominacion del polo á que se hallan próximos; y así el uno se llama *círculo polar ártico*, y el otro *círculo polar antártico*.

140 Los círculos polares y los trópicos dividen la superficie terrestre en cinco porciones que se llaman *zonas* ó faxas. Las que estan comprehendidas entre los círculos polares y los polos, son las *zonas glaciales*, porque no disfrutan del sol en gran parte del año, y siempre reciben sus rayos muy obliqüamente. Los antiguos las creyéron inhabitables por esta consideracion. Nosotros sabemos que la *zona glacial ártica* parte esta habitada, pues la Laponia en Europa y la Siberia en Asia pertenecen á ella, y parte es un vasto mar que se extiende hasta el polo, ó mas bien es una especie de gorro de hielo. La *zona glacial antártica* nos es desconocida mas allá de 71° adonde llegó el Capitan ingles Jayme Cook, penetrando por entre masas enormes de hielo. Llámanse *zonas templadas* las porciones de la superficie terrestre comprehendidas en cada he-

(1) *Trópico* es palabra griega, que en latin quiere decir *verto*; porque el sol en llegando a los trópicos parece que vuelve atrás ó hácia el equador.

misferio, entre el círculo polar y el trópico; jamas tienen estas el sol á plomo, pero reciben sus rayos ménos obliqüamente que las glaciales. Finalmente, el espacio terminado por los dos trópicos, cuyos puntos pasan todos sucesivamente dos veces al año por baxo del sol, y que recibiendo los rayos de este astro en direccion siempre poco obliqüa, experimentan á causa de estas circunstancias un calor considerable, toma el nombre de *zona tórrida*, denominacion que entre los hombres mas grandes de la antigüedad, como Ciceron, Plinio, Estrabon &c., denotaba una region abrasada por los ardores del sol y condenada á ser un eterno desierto. Sin embargo, hoy se sabe que pueblos numerosos y naciones civilizadas viven en esta zona de la tierra, que lejos de ofrecer en toda su extension la aridéz de un pais abrasado, contiene provincias fertilísimas y ricas, y disfruta en partes de un clima el mas benigno del globo.

141 Sobre la temperatura de las diferentes regiones de la tierra, se puede establecer con Lalande la regla general *que quanto el polo está mas elevado sobre el horizonte ó mayor es la latitud de un lugar, tanto son menores los calores, y tanto mas desiguales las estaciones;* porque los rayos del sol que producen el calor y animan toda la naturaleza, nunca tienen mas fuerza que quando nos llegan perpendicularmente, pues tienen entónces ménos ayre que atravesar, y se introducen con mas energía en los intersticios de la tierra y de todos los cuerpos que nos rodean, para fomentar allí el calor. Pero á proporcion que nos adelantamos hacia uno de los polos, ó que el polo se presenta mas elevado sobre el ho-



THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

rizonte, los rayos del sol nos llegan mas obliquamente: quando estamos como en Madrid á 40° 25′ de latitud, el sol en el dia del equinocio no se eleva mas que 49° 35′, y en general la altura del sol el dia del equinoccio es siempre complemento de la latitud y hace con ella 90°. Luego quanto mayor sea la latitud de un pueblo ó su altura de polo (*111*), menor será la altura del sol el dia del equinoccio, mas distantes estarán sus rayos de la perpendicular ó de la línea del zenith, y por consiguiente mas se disminuirá el calor. Es verdad que en verano el sol sube mas arriba del equador, pero tambien en invierno baxa otro tanto. Así por lo mismo resultará mas desigualdad en las estaciones y ménos calor siempre que se disminuya la altura del equador, ó se aumente la latitud de un pais. Esta es la causa principal de los grandes calores de Africa, del plácido temple de Andalucía, y de los insoportables frios de Siberia y Laponia.

142 Digo *principal*, porque entre las causas del calor ó del frio se debe contar tambien la calidad del suelo, y la altura del pueblo donde se habita sobre el nivel del mar. En las costas de Africa hace mas calor que en parte alguna, porque las arenas se abrasan con mayor facilidad que los bosques, las aguas y las montañas, y porque el suelo esta allí casi al nivel del mar. El *Canadá* en la América septentrional es mas frio que la Francia, aunque en las mismas latitudes; porque el pais está mas cubierto de bosques, ménos cultivado, con ménos poblacion y muchas aguas estancadas. *Quito* en la América meridional, y en los mismos paralelos á que corresponden los encendidos arenales de Africa, goza de una eterna

primavera; pues su elevacion de mas de 3900 varas sobre el nivel del mar, le liberta de aquel calor que es efecto de la fuerte reflexîon de los rayos sobre todos los objetos próxîmos, el qual es siempre mas vivo que el de los rayos directos. Esta reflexîon del calor, concentrado en todos los cuerpos, es tambien causa de que en nuestros paises sea mas caloroso el mes de Julio que los dias del solsticio en que el sol se halla sin embargo mas próxîmo á nuestro zenith. El mayor frio de Madrid, aunque varía en su época, se puede decir con bastante seguridad que se verifica en el mes siguiente al solsticio de invierno, y el mayor calor entre el 7 de Julio y el 15 de Agosto; en la 1.ª época el *termómetro centigrado*, instrumento que mide los grados del calor ó frio, nunca señala ménos de —0°, 62, ni mas baxo que —8°,5; en la 2.ª nunca es menor de + 33°,25, ni mas de + 40° la indicacion del mismo termómetro; y el calor medio de todo el año es de 14° 35′ sobre *cero*.

143 En virtud de la consideracion antecedente, se concibe por que la historia ofrece vicisitudes físicas muy notables en el clima de ciertos pueblos, derivándose tales alteraciones de los progresos ó decadencia de la poblacion ó de la industria de los hombres que los han habitado. Mas de una vez, advierte un escritor político, leyes favorables á la poblacion y á la agricultura han conseguido que se corten los bosques, se desequen las lagunas, se quiten los impedimentos que detenian el curso de las aguas, y se disminuyan en fin los rigores del clima, suprimiendo las causas que concurrian á exâsperarlo. La dulzura del clima de Italia desapareció quando los bárbaros del Norte la devastáron con sus cos-

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

tumbres, sus armas y leyes; por el contrario, la poblacion é industria de los holandeses, animada por su sabia legislacion y por la libertad, han corregido los rigores del antiguo clima de los *bátavos*. Las mismas causas han producido iguales efectos en muchos paises de la Germania (1), de la Inglaterra, y sobre todo de la Pensilvania, donde los hombres que la habitan han sabido hacerse con igual gloria superiores á los rigores de su clima, que á las opresiones de su antigua metrópoli.

144 En el mismo fundamento estriva la division que hacen los astrónomos de estaciones *naturales* y estaciones *astronómicas*. Estas empiezan y acaban al mismo tiempo en todos los puntos del globo, situados en el mismo hemisferio, y á ciertas distancias del equador (*134*); aquellas son variables, duran mas ó ménos, empiezan mas pronto ó mas tarde, segun la situacion local y circunstancias atmósfericas de cada pueblo. En Madrid la *primavera natural*, ó tiempo medio entre el mayor frio y calor empieza hácia el 21 de Febrero; el *estío natural*, ó tiempo de mayor calor, el 9 de Mayo; el *otoño natural*, ó temporada media entre los mayores calores y mayores frios el 23 de Agosto; y finalmente, el *invierno natural*, ó época del frio mas rigoroso, en 7 de Noviembre, segun las observaciones meteorológicas de Don Josef Garriga.

145 La distancia ó proximidad de la tierra al sol, apénas influye en el calor ni en el frio; pues

(1) Véanse sobre esta mudanza del clima de algunos paises, debida á los esfuerzos, y aplicacion del hombre, las reflexiones de Buffon, *Epoques de la nature, septieme epoque.*

al astro del dia se halla mas próxîma la tierra en Enéro que en Julio $\frac{1}{30}$ ó 923600 leguas, y sin embargo en la primera época es quando experimentamos lo mas crudo del invierno. La causa principal de ser el *estío* la temporada mas calorosa del año, nacé de que entónces los rayos del sol se dirigen casi perpendicularmente á nuestro horizonte hácia mediodia, y que dura tambien mas horas la presencia de este astro sobre el mismo horizonte, porque nunca son mas largos los dias (*132*).

146 Por otra parte la presencia constante del sol en la zona tórrida, y la fuerza de sus rayos, que caen en ella casi perpendicularmente todo el año, han comunicado al fin un calor bastante fuerte para propagarse en lo interior de la tierra hasta los polos, y producir aquella temperatura constante que conservan las bodegas y los subterráneos profundos, en medio de las alternativas de frio y calor que suceden en la superficie del globo, ya por la mayor ó menor obliqüidad del sol en las diversas estaciones del año, ya por efecto de los fenómenos meteorológicos.

147 La extension de las zonas se determina por la inclinacion del exe de la tierra sobre el plano de la eclíptica, y esta inclinacion se descubre observando en un mismo lugar la mayor y la menor altura del sol ó quando pasa por el meridiano en el solsticio del estío y en el de invierno (1). Porque como el sol se aparta igualmente

(1) Quando se quiere medir en qualquiera dia del año la altura meridiana del sol con el sextante y horizonte artificial, se ponen, como se previno (*45*), tangentes las dos imágenes, las que se van separando al paso que aumenta la

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

por ámbos lados del equador en una y otra circunstancia, los puntos del equador deben pasar por el mismo meridiano á una altura media entre las dos alturas extremas del sol; y la diferencia de estas es el duplo de la cantidad angular que representa la elevacion ó depresion máxîma del sol respecto al equador. Se puede determinar, pues, al mismo tiempo esta cantidad y la posicion del equador sobre el horizonte, que dará á conocer la latitud del lugar de las observaciones (*36*). Observando, por exemplo, desde un punto de la tierra la altura meridiana del sol R O (*fig. 6.*) en el solsticio de estío, y la t O en el de invierno, resultará 1° R t diferencia de ámbas alturas = duplo de la cantidad angular de la elevacion ó depresion del sol respecto del equador, y 2° Q O, altura media del sol = altura del equador sobre el horizonte, cuyo complemento es la latitud del lugar. Así en Paris la elevacion sobre el horizonte en el solsticio de estío, ó el arco R O, es de 64 38′, y solo de 17°42′ el arco t O en el de invierno. Tomando de las suma de estas alturas ó del arco R O + el t O que es de 82° 20′, la mitad, ó 41° 10′ resulta la altura del equador Q O sobre el horizonte de Paris, cuyo complemento á 90°, ó la distancia del equador al zenith ó la latitud de Paris es de 48° 50′. Restando t O de R O, ó 17° 42′ de 64° 38′, se halla la diferencia 45° 50′ para el arco R t, cuya mitad 23° 28′ da el arco R

altura, ó que el sol se aproxîma al meridiano. El observador continuará ajustándolas hasta que note cesar la separacion, y para asegurarse de haber completado la observacion, será bueno aguardar á que empiecen á cortarse las dos imágenes. Entónces el arco interceptado entre la alidada y el principio de la graduacion, le hará conocer la altura meridiana aparente del sol (*54*).

Q ó E r, es decir, la cantidad que el sol se aparta del equador hácia el uno y otro polo. Este arco porque mide el ángulo R C Q ó el E C r, y el F O H en la *fig. 31* que hacen entre sí los planos de la eclíptica y del equador, se llama medida del ángulo de la *obliqüidad de la eclíptica* respecto al equador, y es complemento del P O H (*fig. 31*), que mide la inclinacion del exe terrestre P O sobre el plano de la eclíptica, representado por la línea S O, cuya inclinacion será por consiguiente de 66° 32′, complemento de 23° 28′. Ademas por ser el arco I P, que mide la distancia del círculo polar I K al polo P, complemento del arco P H, y por consiguiente igual á F H, constará tambien de 23° 28′. El complemento de este arco = 66° 32′ expresa el valor I E de la latitud de todos los puntos del círculo polar, así como la de los trópicos G H y G′ H′ es igual al arco E G, y por consiguiente de 23° 28′.

148 De estos resultados se deduce la extension de todas las zonas, pues las *glaciales* comprehenden en cada hemisferio 23° 28′ de latitud entre el polo respectivo y el círculo polar; las templadas, cuyos límites son el círculo polar y el trópico, tienen 43° 4′ cada una; y finalmente, la *tórrida* terminada de una y otra parte por los trópicos, situados á 23° 28′ del equador, uno al N y otro al S, consta de 46° 56′ de latitud. Con los mismos datos y el auxîlio de la geometría elemental, se calculan fácilmente las relaciones recíprocas de la extension superficial de las zonas, y se halla que los números 83, 519, 796 representan respectivamente una zona glacial, una templada y la tórrida; ó bien que tomando por unidad la area entera del globo:

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

Las zonas glaciales forman los 83
1000

Las zonas templadas..... los 519
1000

La zona tórrida..... los 796 (1)
1000

Pero estas dimensiones no son constantes, porque las observaciones y el cálculo prueban que la inclinacion del equador terrestre respecto á la eclíptica, la qual 20 siglos atras era de 24°, se disminuye cada siglo cerca de 50″, hasta que esta diminucion llegue á un término todavía no bien determinado, pasado el qual comenzará de nuevo á aumentarse la obliqüidad de la eclíptica. En fin de este año, segun las observaciones y cálculos de Maskeline, astrónomo Real de Inglaterra, será exâctamente de 23° 27′ 55″. Si llegara á reducirse á cero, ó fuera constantemente progresiva, entónces confundiéndose la eclíptica con el equador, y cesando la diferencia de las estaciones, efecto de la inclinacion del exe terrestre (*130*), reynaria en toda la tierra aquella *eterna primavera* tan decantada por los poetas (2), pues los ra-

(1) El astrónomo Lalande en el art. 136 de su *Abregé de Astronomie*, da la siguiente proporcion de las zonas terrestres en leguas de 25 al grado. „Suponiendo dividida la „superficie terrestre en 23 partes, las zonas glaciales, „templadas y tórrida son de 1, 6 y 9 respectivamente, „y cada una de estas 23 unidades vale 1.522,524 leguas quadradas. Así la superficie y extension de tierra ó mar que „comprehende cada zona glacial es 6 veces menor que la de „cada zona templada, y la zona tórrida no es mas que los $\frac{3}{4}$ „de la suma de las dos templadas."

(2) Sin embargo esta *eterna primavera* sería un verdadero mal para la habitacion del género humano. Las re-

yos del sol serian siempre perpendiculares al equador (1).

149 Los antiguos para determinar la obliqüidad de la eclíptica observaban las sombras solsticiales del sol, y actualmente puede practicarse lo mismo con utilidad. Sea A B (*fig.* 39) un *gnomon* ó estilo plantado verticalmente, como estaba el obelisco del campo de Marte en Roma, ó una abertura A, hecha en cierta pared A B para que pueda pasar un rayo del sol; sea S A E este rayo en el solsticio de invierno, B E la sombra del estilo, O A C el rayo en el solsticio de verano, y B C la sombra solsticial mas corta.

giones equatoriales tendrian entónces mas vivo aun y conste calor que actualmente; pero hácia ambos lados del equador se veria disminuirse el calor en progresion muy rápida; cada clima tendria su temperatura invariable, á saber, la de su primavera y otoño actual, aunque verosímilmente algo mas fria, pero en pasando de 45° ó 50 la tierra seria absolutamente inhabitable.

(1) Los que han supuesto progresiva la diminucion de la obliqüidad de la ecliptica, explican por este medio el considerable trastorno sobrevenido en la temperatura de varias regiones del globo, no cabiendo duda, porque lo acreditan los monumentos de la naturaleza y la inspeccion filosófica de la tierra, que paises adonde llegan ahora los rayos del sol con mucha obliqüidad, y por lo mismo estan condenados á un invierno largo y funesto á los hombres y á todas las producciones, en otro tiempo los miró el sol mas favorablemente. Si la obliqüidad con que el plano del equador de la tierra corta hoy el plano de la eclíptica, y que no pasa de $23\frac{1}{2}$° no es mas que el residuo de una obliqüidad mayor, dice Maupertuis, las regiones polares se habran acaso hallado antiguamente en las zonas templadas, ó en la zona tórrida viendo al sol en su zenith. Con efecto, aun quando la obliqüidad de la eclíptica no pierda mas que 45″ por siglo, si se supóne constante y sucesiva esta pérdida, en 60 siglos habrá resultado una diferencia de 45′, y en 3600 siglos una de 45°; de modo que con solo dar al mundo este largo periodo de duracion, el qual suponen algunos filósofos no puede negársele, si se consideran con atencion las prodigiosas obras de la naturaleza, se explica facilmente como la tierra hace 360000

En el triángulo A B C, rectángulo en B, del qual se conocen los lados A B y B C, no es difícil hallar el número de grados que contiene el ángulo A C B ú O C B, que expresa la altura del sol en el solsticio de estío; se hará otro tanto en el triángulo A B E, y resultará el ángulo E igual á la altura del sol en el solsticio de invierno. Así se saca quanta era la obliquidad de la eclíptica en el siglo IV antes de Cristo; pues habiendo entónces observado Pitheas, que la altura del gnomon era á la longitud de la sombra del estío en Bizancio y en Marsella, como 120 es á 41½, si se forma el triángulo A B C, en el que A B sea de

años, giraba sobre un exe distante 45° de aquel sobre el que gira hoy, y como entónces los estériles y helados paralelos del N y S del globo, pudiéron experimentar un grado de calor igual al que ahora padecen los paises de la zona tórrida.

Pero Eulero y Laplace han probado por cálculos sutiles y profundos, que en la obliqüidad de la eclíptica no resultan mas que desigualdades temporales contenidas entre límites fixos, de modo que nunca podrá variar mas de 2 á 3° el ángulo de su inclinacion respecto al equador. Así suponiendo que los paises septentrionales de la tierra, gozáron en las edades pasadas todo el calor que ahora los situados entre los trópicos, la causa no se ha de buscar en la eclíptica ni en la variacion del exe, que nunca ofrecerian una explicacion satisfactoria, sino en el calor primitivo de la tierra, la que habiendo sido en su principio una masa líquida de fuego, conservó un grande calor muchos siglos despues de consolidada: conserva aun mayor porcion de él en donde el sol hiere con rayos directos y es mayor su diámetro, y le ha perdido insensiblemente en las altas latitudes, las quales con esta pérdida van convirtiéndose en horribles desiertos, y reynan la soledad y el hielo en donde antes viviéron los elefantes. El globo irá refriándose sucesivamente hácia la equinoccial desde los polos, y acabará quizá esterilizado por esta causa. Mas ni es del presente lugar, ni dado á nuestra pluma desplegar la probabilidad de esta admirable hipótesi del inmortal Buffon, que tanto engrandece y ensancha la historia de las revoluciones de la tierra. Véase la obra del célebre Bailly intitulada *Letres sur l' origine des sciences* lett. 10.

120 partes, y B C de 41½, deduciremos por el cálculo de la trigonometría rectilínea, que el ángulo C ó la altura del sol es de 70° 48′; y si de esta altura se quita la del equador en Marsella 46° 42′, y 16′ por el semidiámetro del sol quedarán 23° 30′ para la declinacion del sol (30), que en el dia del solsticio es igual á la obliquidad de la eclíptica. Recíprocamente la observacion de las dos sombras solsticiales de invierno y estío dará la latitud del lugar en que se haga; pues sumando las dos alturas del sol que resulten, y tomando la mitad, esta será la altura del equador sobre el horizonte del lugar, ó el complemento de la latitud (36).

150 Con respecto á la direccion de las sombras que hacen los cuerpos, dividiéron los geógrafos griegos á los habitantes de la tierra en varias clases, y esta division se funda en dos principios de gnomónica: 1.° todo cuerpo opaco proyecta la sombra á la parte opuesta del cuerpo que le alumbra: 2.° las sombras son tanto mas cortas quanto el sol esté mas cerca, y *vice versa;* de donde se sigue que las sombras meridianas de los cuerpos serán las mas cortas, y que aquellos, en cuyo zenith se halle el sol perpendicularmente, no harán sombra alguna. Estos principios explican la antigua division de los habitantes de la tierra en *ascios*, *amphiscios*, *periscios* y *heteroscios*. *Ascios* son los que no hacen sombra alguna á medio dia; y como esto solo se verifica quando el sol se halle en el zenith, se sigue que solo podrán ser *ascios* los habitantes de la zona tórrida, quienes se subdividen en *ascios amphiscios*, y *ascios heteroscios*. Como por *amphiscios* se entienden los que ya proyectan su sombra hácia el

ésta primera situacion quando algun esfuerzo ó movimiento extraño nos ha separado de ella, es aquella fuerza con que todos los cuerpos baxan hácia tierra, y que llamada *pesadez*, *gravedad* ó *atraccion*, aunque su causa nos sea desconocida, se manifiesta en todos los puntos de nuestro globo; en todos se dirigen los cuerpos graves hácia el centro con inalterable y constante tendencia, y en todos se dice que lo que cae hácia la tierra baxa, y que se sube alejándose de ella. Así el cuerpo A (*fig.* 40), atraido hácia el centro C del globo terrestre siguiendo la línea A B C, ó el cuerpo E atraido en sentido contrario por la línea E D C, caen y baxan ámbos ácia tierra, porque su tendencia ó direccion natural los aproxîma al centro C. Un habitante puesto en B verá caer la lluvia hácia él de A á B, y su antípoda en D la verá caer de E á D; estas son direcciones diferentes en la realidad, pero igualmente naturales para nosotros, porque el centro C de la tierra es el término comun, el punto de reunion y tendencia de la lluvia y de todos los demas cuerpos pesados. Preguntarán algunos, ¿por qué baxando el cuerpo A hácia B, el otro no baxa igualmente de D á E y á T? pero estos no consideran que el cuerpo A baxa hácia B, porque se ve forzado á acercarse á tierra, en vez de que el cuerpo E no tiene por el lado de T cosa que pueda determinarle á moverse, ni fuerza, ni ley, ni objeto,

Lucrecio, y que en el VIII un Obispo de Alemania, llamado Vigilio, porque se atrevió á pensar de otra manera, fue tratado de herege. Pero despues que los compañeros de Magallanes diéron vuelta á la tierra; con la demostracion material de su esfericidad, y con la vista de los mismos antípodas, se acallaron de una vez los falsos raciocinios con que se disputaba que no existian.

ni causa de movimiento. El no tiene relacion mas que con la tierra, hácia ella se dirige su propension natural, la causa y término de su movimiento; y yendo de E hácia D obedece á la misma causa, se mueve del mismo modo, y sigue la misma ley que el cuerpo A baxando hácia B. Así puede decirse que dos cuerpos caen y baxan uno y otro, aunque vayan en sentidos opuestos; porque *caer* es acercarse á tierra.

153 Son, pues, los *antípodas* los que habitan á una distancia recíproca de 180° de longitud, y en la misma latitud del hemisferio opuesto; de manera que tienen las horas y las estaciones encontradas; quando los unos tienen medio dia, los otros media noche (1), quando los unos verano, los otros invierno; el mayor dia del año para un pueblo es el mas corto para su antípoda; el polo ártico está tantos grados elevado para los unos, como el antártico para los otros; las estrellas que los unos ven de continuo, los otros nunca, y las que se presentan muy poco elevadas sobre el horizonte de los unos, estan tambien poco deprimidas baxo el de los otros: tienen ademas los antípodas el mismo horizonte (*16*), pero el uno ve la cara superior del plano que le forma, y el otro la inferior; finalmente si miran al equador, los unos ven nacer los astros hácia su derecha, y los otros hácia su izquierda.

154 *Antecos* son los que sin estar diametralmente opuestos ocupan el mismo semicírculo del

(1) Porque como la tierra hace una revolucion entera en 24 horas, y la mitad del círculo consta de 180°, se sigue que la tierra en realidad, y el sol en apariencia, emplean 12h en andar 180°; así la distancia de estos lugares será de 12h en tiempo.

meridiano, unos al S y otros al N del equador, á distancias ó á latitudes iguales. Tienen el medio dia y las demas horas en el mismo instante; pero el invierno y primavera de los unos son el verano y otoño de los otros: los dias de los unos son iguales á las noches de los otros; quando los dias crecen para estos, menguan para aquellos; las estrellas que los primeros ven siempre, jamas parecen sobre el horizonte de los segundos; en una palabra, el polo que para unos está elevado, para los otros está deprimido igual número de grados. Si dos *antecos* miran el sol á medio dia se deben mirar cara á cara, á ménos que el sol esté mas distante del equador que el uno de entrambos.

155 *Periecos* son los que habitan el mismo paralelo, pero en puntos opuestos, es decir, á 180° de longitud; de modo, que el medio dia de los unos es media noche de los otros; mas por quanto estan del mismo lado del equador, tienen las mismas estaciones y en el mismo tiempo. El dia del equinoccio el sol nace para los unos en el momento que se pone para los otros; los astros nacen en el mismo punto y á la misma distancia de la meridiana, y estan el mismo tiempo sobre el horizonte de ámbos. Quan el sol está hácia el polo elevado, es decir, durante la primavera y el estío, nace para unos ántes de ponerse para los otros, de suerte que hay un intervalo en que los dos periecos ven al sol al mismo tiempo. Lo contrario sucede durante el otoño é invierno; en ámbas estaciones hay una porcion de noche comun á los dos, es decir, un tiempo en que ni el uno ni el otro ven al sol; esto se entiende de los *periecos* que no habitan en la equinoccial. De lo dicho se infiere que los antecos tienen las mismas horas y las estaciones opuestas; los pe-

riecos las mismas estaciones y las horas encontradas, los antípodas todo opuesto; como igualmente, que los antípodas de Madrid, v. g. son los *antecos* de sus *periecos*, y los *periecos* de sus *antecos*.

156 El *tiempo* se arregló y contó desde muy antiguo por el movimiento aparente del sol; pues como todo el mundo sabe que la idea del tiempo es una pura abstraccion, para seguir los progresos de su fluxo igual y constante los hombres debiéron recurrir á los movimientos celestes, cuya armonía y permanencia parecia asegurarles una justa medida de la uniformidad. El giro diario aparente del sol fue probablemente la primera medida; así la duracion del *dia astronómico* se determina aun por el intervalo que media entre dos pasos consecutivos del sol por el meridiano del mismo lugar, intervalo que se divide en 24 horas; y el *año trópico* es la cantidad de tiempo que corre entre el paso del sol por uno de los equinoccios, y su vuelta al mismo punto. Consta por consiguiente de 365 dias, 5 horas 48′ 48″. Pero como la posicion de los equinoccios sobre el plano de la eclíptica depende de la situacion del exe terrestre, varía por lo mismo respecto á las estrellas, en virtud de un pequeño movimiento particular de este exe; de suerte que los puntos equinocciales retrogradan cerca de 50″ cada año respecto á las estrellas, las quales, en conseqüencia de esto, parece que se adelantan la misma cantidad á lo largo de la eclíptica, y esta circunstancia alarga algun tanto la revolucion anual de la tierra quando se la compara á los astros fixos. Llámase entónces *año sideral*, y dura 365 dias $6^h$ 9′ 12″.

157 La tierra no emplea todas las 24 horas en su rotacion, porque en este espacio de tiempo anda

ademas, para presentar de nuevo el mismo meridiano al sol, un espacio angular igual al que su movimiento annuo, que se hace en sentido contrario de su movimiento diurno, le ha hecho describir al rededor del astro luminoso. Así el intervalo entre dos pasos de una estrella fixa por el mismo meridiano, el que mide la verdadera duracion de la rotacion terrestre, no es mas que $23^h\ 56'\ 4''$, y por esta diferencia las estrellas parece que ganan cada dia sobre la tierra cerca de $4'$ de tiempo en su paso por el meridiano. La duracion de la rotacion de la tierra es uniforme en todo tiempo, pero no sucede así con la del dia, que se compone, como acabo de decir, del tiempo de la rotacion terrestre, y del que la tierra emplea en describir al rededor de su exe el ángulo que compensa la cantidad de su giro al rededor del sol por efecto de su movimiento anuo; porque este último movimiento, que no se efectúa en un círculo sino en una elipse, cuyo foco ocupa el sol, y en el plano de la eclíptica inclinado al del equador, no es uniforme. El concurso de estas causas hace que la duracion de los dias, comparada con la de la rotacion de la tierra, sea ya mayor ya menor que 24 horas, y la serie de estas diferencias forma lo que se llama *equacion del tiempo*; cantidad que si bien es pequeña en corto número de dias, acumulándose, puede llegar á $16'\ 10''$, y que en ciertas estaciones se debe añadir, y en otras quitar de las horas indicadas por los reloxes arreglados al sol ó que señalan el *tiempo verdadero*, para deducir el *tiempo medio* al que se refieren las tablas astronómicas con cuyo auxîlio se calculan ahora con grande precision los movimientos de los astros. Así este *tiempo medio* que se cuenta en la vida

civil, y que indican siempre los relojes bien arreglados, es constantemente el mismo, y le sirve de medida el intervalo de tiempo que pasaria entre dos medios dias consecutivos, si la cantidad, en que el sol parece que se adelanta diariamente hácia el oriente, fuese siempre igual. En las efemérides hay tablas anuales de la *equacion del tiempo.*

## LECCION IX.

*Diversas posiciones de la esfera y fenómenos que resultan. Crepúsculos. Refraccion. Paralaxe. Reduccion de la altura aparente de los astros á altura verdadera. Establecer la latitud geográfica de un pueblo por alturas meridianas del sol y de las estrellas fixas. Trazar una línea meridiana. Arreglo del relox por* alturas correspondientes. *Determinar la hora, el azimut y amplitud de los astros por su altura. Aplicacion de las observaciones astronómicas á algunas prácticas geográficas, y á la correccion de la declinacion de la aguja. Climas.*

158 Considerando los fenómenos locales, han distinguido tambien los astrónomos tres situaciones de la *esfera*, es decir, de aquella reunion de los diversos círculos de que he hablado, y á los quales se refiere la posicion de los astros (1).

(1) Son muy comunes para la explicacion de las apariencias celestes y de los círculos á que se refieren los astros las *esferas armilares*, y no hay duda que con el manejo de estos instrumentos se hacen mas sensibles muchas doctrinas de las ya dadas. Omitimos su descripcion, porque los que hayan estudiado estas lecciones, con solo ver una esfera, entenderán al momento el nombre y destino de los círculos y puntos de que se compone.

Los diferentes paises de la tierra pueden tener la esfera *paralela*, *recta ú obliqua*, segun que ó el equador sea en ellos paralelo al horizonte, ó le corte en ángulos rectos, ó le corte obliquamente. Un observador situado en uno de los polos terrestres tendrá la *esfera paralela* (*fig. 41*), porque su línea vertical se dirigirá al polo *celeste* baxo el qual se halla, y que entónces será su zenith; de donde se sigue que este observador verá en el mismo plano al horizonte H O y al equador; á los trópicos y á todos los demas círculos diurnos, descritos por el sol en su movimiento aparente, los verá *paralelos* al horizonte, y por consiguiente le serán visibles sin interrupcion todos los arcos diurnos que hay entre el equador y el polo en que se halla, é invisibles absolutamente todos los demas. Así solamente una vez verá nacer el sol al año, y otra ponerse; su dia será de 6 meses seguidos, y su noche de otros 6, bien que esto no se verifica exâctamente; pues los que habitan el polo boreal tendran 7 dias $\frac{3}{4}$ mas de los 6 meses al sol sobre su horizonte, porque anda este astro con mayor lentitud los signos septentrionales (*134*). En la *esfera paralela* hace el sol su giro sin mudar de altura, y sin acercarse ó alejarse sensiblemente del horizonte; así el meridiano es allí una cosa indeterminada y de pura convencion: podrá escogerse por exemplo algun objeto terrestre para comparar con él al sol, y decir que es medio dia siempre que este astro corresponda á dicho punto. Nunca disfrutará el habitante de los polos mas que de la vista de un hemisferio celeste, pero esta será constante, y las estrellas que se hallen de aquella parte del equador nunca se pondrán para él, ó nunca se esconderán baxo su horizonte.

159 Dando á la esfera celeste un quarto de conversion, la tendremos en la posicion que se llama *recta*, tal como la tienen los habitantes del equador (*fig. 42*), porque pasando entónces el plano de este círculo por el zenith, es perpendicular al horizonte; en conseqüencia los astros, y entre ellos el sol, que en su movimiento diurno parece describen paralelos al equador, suben y baxan perpendicularmente al horizonte, cuyo círculo los corta por consiguiente en dos partes iguales; y como cada una de estas la anda el sol en 12 horas, los dias son allí todo el año iguales entre sí, é iguales á las noches. Todas las estrellas son visibles baxo la esfera recta por igual razon, y suben sucesivamente encima del horizonte en el espacio de 24 horas.

160 Un habitante situado entre los polos y el equador tendrá la *esfera* mas ó ménos *obliqua*; de modo que hablando rigorosamente, todos los habitantes de la tierra desde 0° 0′ hasta 89° 59′ 59″ se hallan en esta posicion, pero las apariencias solo son muy sensibles entre los círculos polares y los trópicos. El equador con todos sus paralelos es entónces obliquo al horizonte, y por consiguiente este círculo corta todos los círculos diurnos, excepto el del equinoccio, en dos segmentos desiguales, de donde proviene la desigualdad de los dias y noches, el que todos los astros nazcan obliquamente, y que solo un polo esté siempre elevado sobre el horizonte, y el otro siempre deprimido y por consiguiente invisible (*fig. 6*).

161 Quanto he dicho de la duracion de los dias en las tres posiciones de la esfera ha sido sin atender á lo que aumentan esta duracion los *cre-*

*púsculos*. La luz *crepuscular*, ó aquella luz suave y débil que percibimos luego que el sol se ha puesto ó con el nombre de *aurora* ántes que nazca, proviene de los rayos solares reflexados y dispersados por la atmósfera; de modo que llega hasta nuestra vista una parte bastante fuerte de ellos para iluminar el ayre y estorbarnos el distinguir los astros, aun quando el sol esté 18° debaxo del horizonte. Así la duracion del crepúsculo es el tiempo que este astro emplea en baxar ó subir 18° del arco de un vertical inferior al horizonte; deberá por consiguiente ser distinta todos los dias, porque quando el sol describe un paralelo menor ó un arco mas obliquo al horizonte, es preciso que ande mayor número de grados de este paralelo para llegar á 18° de descenso perpendicular al mismo círculo horizontal. El crepúsculo mas largo en la esfera obliqua, suponiendo que el sol se ponga, es en el dia del solsticio de estío; en el solsticio de invierno es tambien mas largo que en el equinoccio, ó porque siendo el paralelo menor hay mayor número de grados en el intervalo crepuscular, ó porque no estando el sol léjos del meridiano baxa mas lentamente (1). Pero no por eso es el mas corto en el dia de los equinoccios. Calculando por una fórmula de Cagnoli he hallado que el crepúsculo mas corto sucede en Madrid quando el sol tiene 5° 53′ 40″ de declinacion austral, lo que se verifica hácia los dias 5

(1) La luz crepuscular disminuye unos 100 dias la duracion de la noche á los habitantes del polo; es pues en las zonas glaciales un verdadero beneficio de la naturaleza, así como en todos los paises dilata el dia á los trabajadores y á los navegantes. El crepúsculo mas corto que puede haber en la tierra se verifica baxo el equador en tiempo de los equinoccios, y es de 1h 12′ que corresponden á 18°.

de Marzo y 8 de Octubre, y que su duracion es de $1^h$ 34′ 52″ en aquel dia.

162 La *refraccion* aumenta tambien la duracion del dia. Se dice que los rayos de luz, que pasan obliquamente de un medio ménos denso ó ménos resistente á otro que resiste mas, sufren *refraccion*, porque se rompen de algun modo, ó se apartan del camino recto para acercarse á la perpendicular en la superficie de las capas de la atmósfera que atraviesan sucesivamente. Por esta razon nunca vemos á los astros en el verdadero lugar que ocupan, pues el rayo que nos los presenta á la vista, los eleva sobre el horizonte una cantidad tanto mayor, quanto estan mas cerca de este círculo, y que depende por otra parte del estado del ayre en el momento de la observacion (1). Así quando los astros nos parecen en el horizonte, realmente estan 33′ debaxo, y por consiguiente el tiempo que tardan en correr este arco de círculo, se aumenta á la duracion del dia, ó al número de horas que creemos pasan sobre el horizonte.

163 Por la misma razon (*fig.* 43.) si A B D es la superficie de la tierra, E K G la superficie exterior de la atmósfera que rodea nuestro globo,

(1) Quanto el ayre es mas denso, las refracciones son mas considerables. De aquí nace que son mayores en invierno que en estío, por la noche que durante el dia, y que sus variaciones siguen las del barómetro y termómetro; y así en observaciones delicadas debe tenerse cuenta en el momento en que se hacen, con la indicacion de estos instrumentos, para señalar el verdadero lugar del astro que se observa. Los astrónomos evitan todo lo posible las observaciones de astros próximos al horizonte; porque los vapores que le rodean, y que dependen de la humedad, de los vientos y otras causas variables, afectan sensiblemente, y hacen muy inciertas las refracciones.

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

y cuya densidad es sensible hasta algunas leguas de altura, A el lugar del observador, y M K un rayo de luz que entra obliquamente en la atmósfera en K; este rayo encorvado en la atmósfera llega al punto A como si hubiera seguido la línea recta N K A; el ojo recibe la impresion de la luz, segun la direccion N K A del rayo que le llega en A, y el observador refiere al rayo A K N el astro que verdaderamente está en M; de suerte que la refraccion presenta al astro mas elevado toda la cantidad del ángulo N K M que llamamos *refraccion astronómica*. Es preciso, pues, conocer esta cantidad para cada grado de altura sobre el horizonte, á fin de restarla de las alturas observadas que siempre son mayores que las verdaderas, excepto el caso en que el astro estuviese en el zenith; pues entónces el rayo de luz no experimenta refraccion alguna, porque atraviesa perpendicularmente las capas de la atmósfera. En todos los almanakes astronómicos se hallan tablas calculadas de la refraccion para los varios grados de altura horizontal.

164 Aunque la observacion de las alturas se refiere siempre al centro de la tierra, considerando á los rayos de luz como si llegasen á todos los puntos de la tierra en direcciones paralelas, y despreciando por consiguiente el ángulo A G C (*fig.* 29.) á causa de la distancia considerable á que los astros estan de nosotros, comparada esta distancia con el radio terrestre; sin embargo hay algunos cuerpos celestes bastante próximos á la tierra, para que se deba, quando se les observa con precision, llevar en cuenta este ángulo, cuyo efecto es presentar al astro mas baxo que su situacion real respecto del centro de la tierra. El

astro que estuviese en G, por exemplo, desde la superficie terrestre ó desde el punto A se veria en el horizonte, miéntras que desde el centro de la tierra pareceria elevado una cantidad expresada por el ángulo G C n, igual á A G C. Llámase *paralaxe* el ángulo A G C, formado, como se ve en la figura, por las direcciones, segun las quales se veria el astro desde el centro de la tierra, y desde un punto de su superficie. Este ángulo es diferente segun la altura del astro; nulo en el zenith porque el cento C, el lugar A y el astro se hallan entónces en la misma línea recta; pero el máxîmo posible en el horizonte. Conocida la paralaxe horizontal ó máxîma, se averigua facilmente, la que tiene el astro en qualquiera altura, diciendo, *como el radio al cos. de la altura, así la paralaxe horizontal á la paralaxe en altura.* La paralaxe horizontal del sol es de 8″,6, y la de la luna varía desde cerca de 54′ hasta 62, segun las diversas distancias de este astro á la tierra. La determinacion exâcta de dicho ángulo para el sol y la luna, que los astrónomos consiguiéron en el siglo pasado, dió á conocer ademas con precision la distancia absoluta de estos astros á la tierra, y dará la de todos los cuerpos celestes, cuya paralaxe horizontal se sepa; porque en el triángulo A G C, rectángulo en A, se conoce el lado A C radio de la tierra en leguas, y el ángulo A G C paralaxe horizontal del astro de que se trate; con cuyos datos se calcula por la trigonometría rectilínea la hipotenusa G C, que es la distancia en leguas de dichos astros á la tierra.

165 Tambien se hallan en las efemérides astronómicas, tablas calculadas de la paralaxe del

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES

sol y de la luna para los distintos grados de altura; y como su efecto es contrario al de la refraccion, se debe añadir la cantidad de la paralaxe á la altura observada para referirla al centro de la tierra, y despues que se ha corregido de estas dos ilusiones en todos los ángulos observados ó calculados, la altura de un astro se llama *verdadera*. Así en nuestro exemplo. (*54*)

| | |
|---|---|
| Altura aparente del centro del sol. | 21° 1′ 35″,5 |
| Refraccion á esta altura..... | — 2′ 27″,2 |
| Paralaxe..... | + 8″,2 |
| Altura verdadera del centro del sol. | 20° 59′ 16″,5 |

Es de notar que quando se observa un astro como el sol, cuyo disco tiene un diámetro sensible, siempre el ángulo medido se refiere á uno de los bordes (*45*), y luego se añade ó se resta, segun las circunstancias, el semidiámetro para referir este ángulo al centro del astro que no puede determinarse á la vista, porque los cálculos astronómicos siempre fixan la posicion del centro. El semidiámetro del sol es diferente, ó parece baxo un ángulo mas ó ménos grande, segun la tierra se halla mas ó ménos próxîma á este astro, y varía desde 15′ 47″, hasta 16′ 19″; pero en las efemérides está calculado para todos los dias del año, y de ellas se toma el que corresponde al dia y hora de la observacion. En las observaciones ordinarias de altura, puede contarse siempre de 16′ sin sensible error.

166 Hechas las tres correcciones de semidiámetro, refraccion y paralaxe, y determinada por ellas con precision la altura verdadera del sol y de qualquier astro sobre el horizonte, si tomamos esta altura quando esten en el meridiano, y conocemos de antemano por las tablas su *declina-*

*cion* ó su distancia al equador, se deducirá facilmente la latitud del lugar donde se observa, y esta deduccion es tanto mas apreciable quanto se puede verificar todos los dias; siendo así que el método dado en el §. 35 solo puede efectuarse en las noches, cuya duracion pase de 12 horas, y el demostrado en el §. 147 solo en dos dias del año, y en ámbos casos se necesitan dos observaciones distintas para un solo resultado, á saber, para la averiguacion de la latitud de un pueblo.

167 Conocida pues por las *efemérides* la declinacion meridiana del sol en un dia dado, tómese con un sextante del modo dicho (*147*) su altura en el momento del medio dia; y corregida de la refraccion y paralaxe, como tambien añadido ó restado el semidiámetro, segun las circunstancias, se tendrá la altura verdadera del centro del sol, cuyo complemento será su distancia meridiana al zenith. A esta distancia se añadirá la declinacion del sol, si la declinacion corresponde al hemisferio del polo elevado, ó se restará de ella si corresponde al polo deprimido; y la suma ó la diferencia será la latitud del lugar. La razon de esta práctica es evidente; porque 1.°, quando el sol declina hácia el polo elevado, se halla en el instante del mediodia sobre el meridiano entre el equador y el zenith, y por eso la latitud, que es la distancia del equador al zenith, es igual á la declinacion del sol + su distancia meridiana al zenith, es decir, al arco del meridiano comprehendido entre el equador y el centro del sol + el otro arco del mismo círculo comprehendido entre este centro y el zenith; así para deducir la latitud se debe sumar esta declinacion con la distancia meridiana del sol al zenith.

2.°, pero quando el sol declina hácia el polo deprimido, su distancia meridiana es igual á la latitud del lugar + la declinacion; luego para deducir en este caso la latitud, se restará la declinacion del sol de su distancia al zenith.

*Exemplo.* En 9 de Marzo de 1787 se determinó la latitud de un punto del globo en el hemisferio septentrional por una altura meridiana del sol del modo siguiente:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura observada del borde inferior del sol | 43° | 32′ | 15″ |
| Refraccion — Paralaxe | | — | 54″ |
| Resta | 43° | 31′ | 21″ |
| Semidiámetro del sol | + | 16′ | 9″ |
| Altura verdadera del centro | 43° | 47′ | 30″ |
| Distancia meridiana del sol al zenith. | 46° | 12′ | 30″ |
| Declinacion austral del sol | —4° | 44′ | 32″ |
| Luego latitud del lugar de la observacion | 41° | 27′ | 58″ |

168 Si la observacion se hace en un lugar situado en la zona tórrida, debe tenerse presente una excepcion importante en el primer caso de este método, quando la declinacion del sol hácia el polo elevado sea mayor que la latitud del lugar; pues entónces se deberá restar de esta declinacion la distancia meridiana del sol al zenith, y la resta será la latitud. Por exemplo, si la declinacion del sol hácia el polo elevado es de 15°, y su distancia meridiana al zenith de 5, restando 5 de 15, la resta 10° será la latitud del lugar. Para practicar este método en tales circunstancias, es preciso ya conocer aproximadamente la latitud, á fin de saber si la declinacion del sol es mayor que ella. Podrá ser un medio, para asegurarse de esto, el observar muchos dias la distancia meridiana del sol al

zenith, porque si la declinacion aumenta, esta distancia debe tambien aumentar la misma cantidad, y si mengua, la distancia menguará igualmente (1).

169 Como el estado de la atmósfera no permite siempre al caminante aficionado á las observaciones geográficas, tomar la altura del sol en el momento de su culminacion ó paso por el meridiano, se han inventado otros métodos indirectos para hallar la latitud por alturas tomadas á distancia muy corta del meridiano, como tambien por dos alturas de sol, una tomada á corta distancia del medio dia, y otra algunas horas ántes ó despues; pero la explicacion de estas operaciones, que alargaria demasiado el plan de unos ele-

(1) He dicho (50) que en las observaciones del sol se interpone siempre en los sextantes algun vidrio obscuro para que no se ofenda la vista con el brillo del astro. Pero observa muy bien el autor de las *Lecciones de Navegacion* impresas en la Isla de Leon año de 1790, „que si los tales vidrios no son muy buenos, exâctamente paralelos „en sus dos superficies, el rayo de luz que va del espejo „grande al pequeño padece, al atravesar el vidrio obscuro, una inflexion para arriba ó para abaxo, con la qual „representa el astro mas elevado ó mas baxo que se representaria si hubiese continuado el rayo reflexo en su „primera direccion. En muchos Octantes ordinarios se nota „que de interponer uno ú otro de los vidrios obscuros „que tienen, hay en la altura la diferencia de 2 y hasta 4', „segun el menor ó mayor error del uno ó de ámbos en el „paralelismo de sus superficies: lo qual se observa en las „cercanias del medio dia quando el sol no asciende ni desciende sensiblemente. Para saber quanta sea la inflexion ó „alteracion causada por cada vidrio, se observa en un pueblo la latitud varios dias de tiempo cubierto, en que las „nubes sirven de vidio obscuro, y puede verse el astro „sin interponer otro: se observa la misma en los dias que „es necesario el de mas y el de ménos obscuridad, tal vez „se logran todas las observaciones en un mismo dia y en „repetidos: se comparan y se anota su diferencia para conocer cada uno su instrumento como le conviene, y corregir la altura del defecto additivo ó substractivo de la „inflexion de la luz en el vidrio, segun el que se interpone."

mentos, debe buscarse en las obras destinadas especialmente á la astronomía práctica; siendo por otra parte cierto, como advierte Bezout, que entre los varios métodos para hallar la latitud, el mas seguro y el mas sencillo de todos consiste en observar la altura meridiana de los astros, ó su distancia meridiana al zenith, y que todos los otros que exîgen alturas tomadas fuera del meridiano, aunque buenos en la especulativa, tienen muchos inconvenientes en la práctica.

170 Despues de haber hallado por alguno de los métodos dichos la latitud de su observatorio, los astrónomos se dedicáron á determinar la distancia de las principales estrellas al equador, ó su *declinacion*, y el tiempo que media entre sus pasos respectivos por el meridiano, y el del punto de la eclíptica que corresponde al equinoccio de la primavera, que convertido en grados se expresa en la figura 6 por el arco del equador ♈ J comprehendido entre el equinoccio de Aries y el punto del equador J adonde corresponde perpendicularmente el círculo de declinacion P S p, donde se halla la estrella A, y se llama *ascension recta*. Han formado despues catálogos que encierran estos resultados, con cuyo auxîlio se pueden substituir siempre en la averiguacion de la latitud de un lugar las estrellas al sol, multiplicándose así los medîos de determinar este importante elemento de las posiciones geográficas. Presentaré un exemplo tomado como el antecedente de una Memoria de Borda, sobre el modo de deducir la latitud de un pueblo por la observacion de la altura meridiana de una estrella.

171 En 8 de Octubre de 1787 se observó la altura meridiana de la estrella *Sirio* para dedu-

cir la latitud del punto del globo donde se hizo la observacion, vuelto el observador al mediodia para ver la estrella.

| | |
|---|---|
| Altura observada de *Sirio*..... | 54° 11′ 28″ |
| Refraccion..... | — 41″ |
| Altura verdadera de Sirio..... | 54° 10′ 47″ |
| Distancia de la estrella al zenith.. | 35° 49′ 13″ |
| Declinacion austral que se resta.. | 16° 25′ 48″ |
| Latitud del lugar de la observacion. | 19° 23′ 25″ N. |

En las observaciones de alturas de estrellas no se hacen correcciones, ni de la paralaxe, ni del semidiámetro, porque á causa de su inmensa distancia de nosotros es nulo el ángulo de la paralaxe, é insensible el de su disco aparente.

172 Casi todas estas observaciones suponen que se conozca la direccion de la *línea meridiana* en el parage donde se hacen. Diferénciase esta línea del *círculo meridiano*, porque la forma la interseccion del plano del meridiano con el del horizonte, y así puede definirse una *línea horizontal en la direccion del círculo meridiano*. Mira pues con una de sus extremidades al punto cardinal del *mediodia*, y con la otra al del N., y una recta que la cortase en ángulos rectos, se dirigiria exâctamente hácia los puntos de oriente y occidente. La estrella polar (4) la indica próximamente en el hemisferio boreal de la tierra; pero mas cómodamente y con bastante exâctitud se determina por el sol, pues como este astro en el dia del solsticio permanece sensiblemente á la misma distancia del equador, parece que describe un círculo paralelo al mismo equador, y cuya parte B C D (*fig. 28*) comprehendida sobre el horizonte queda dividida en dos mitades por el meridiano (29). De aquí resulta que su altura

es la misma precisamente quando se mide ántes y despues de su paso por el meridiano con intervalos iguales de tiempo, y que recíprocamente si se toma por la mañana una altura de sol, y se espera por la tarde el momento en que vuelva á esta altura, la hora de su paso por el meridiano se hallará en un instante medio entre los dos de las observaciones.

173 He dicho ya (*150*) que la longitud de las sombras de los cuerpos no solo depende de su altura, sino tambien de la que tiene el sol sobre el plano horizontal en que se hallan. Supongamos ahora que sobre este plano (1) se levanta una vertical A D (*fig. 34*) que podrá ser un estilo ó *gnomon* (*149*) alto cosa de un pie y cuyo extremo superior remate en una bola ó en una punta gastada para que la sombra sea mas sensible. Es claro que dirigiéndose el rayo solar por S D, la sombra caerá en A C, y su longitud dependerá del ángulo S C A, que es evidentemente la altura del sol sobre el horizonte. Luego quando el sol despues de haber pasado del meridiano se halle al otro lado á igual altura en la direccion S' D, la sombra A B de la vertical A D volverá á ser igual á la sombra A C; y tomando el medio entre la direccion de la una y la de la otra, y dividiendo por la recta A N el ángulo B A C en dos partes iguales, esta recta será la *meridiana* (2). Aquí se ve de nuevo lo

(1) Puede verificarse si es horizontal, aplicando sobre él una regla con un nivel.

(2) El método práctico de trazar así la meridiana es el siguiente. Desde el punto A donde se ha fixado el pie del estilo, mirándole como centro, se describirán con diferentes aberturas de compas muchos arcos de círculos concéntricos. Se observará ántes de mediodia, quándo la som-

que ya demostré en otra parte, (*149*) á saber, que si se mide al mismo tiempo la longitud del estilo y la de la sombra, se podrá por la resolucion del triángulo rectilíneo C A D rectángulo en A, en el que se conocen los lados A D y A C, calcular el ángulo A C D, ó la altura del sol, que será la altura meridiana si se mide lo largo de la sombra quando esta cae en la direccion A N. Pero este medio de tomar las alturas solsticiales, y deducir de ellas la latitud de los pueblos por las sombras del *gnomon* se ha abandonado ya desde que con tan grande precision se consigue lo mismo con instrumentos de pequeñas dimensiones que miden inmediatamente los ángulos por arcos de círculo.

174 Estos instrumentos sirven tambien para la determinacion de la meridiana, combinándoles con los reloxes de péndola cuya marcha es muy regular. Se toma al efecto por la mañana una altura de sol y se observa al mismo tiempo la hora, luego se espera la hora de la tarde en que este astro se halla á la misma altura, y tomando el medio del intervalo resulta el tiempo que ha transcurrido entre el paso del sol por el meridiano y el instante de una de las observaciones.

bra del estilo llega á un punto de alguna de las circunferencias descritas, y se marcará este punto con un puñzon: se marcará tambien el otro punto de la misma circunferencia donde se observe que remata la sombra despues de mediodia, y dividiendo el arco interceptado entre ámbos en dos partes iguales se tirará desde el punto medio una línea recta al pie A del gnomon; la que será la *línea meridiana*, pues en el curso del todo el año la sombra del estilo caerá sobre ella en el momento de mediodia. Es muy del caso trazar muchas circunferencias, y marcar en cada una de ellas el punto en que remata la sombra, porque así se verá por la correspondencia de estos diferentes puntos si la operacion ha sido ó no exacta.

Por exemplo, si á iguales alturas de sol el relox señalaba por la mañana. $9^h\ 45'\ 30''$
Y por la tarde..... 2 23 12
El intervalo entre estas dos observaciones es..... 4 37 42
Cuya mitad..... 2 18 51
Añadida al instante de la primera altura..... 9 45 30
da..... 12 4 21.

hora que señalaba el relox quando pasó el sol por el meridiano. Repitiendo la observacion de estas *alturas correspondientes* se consigue arreglar el relox, y conociendo lo que adelanta ó atrasa á la hora del mediodia, esto es si señala mas ó ménos de $12^h$ al paso del sol por el meridiano, se sabrá de cierto el momento en que se verifica este paso, de donde se infiere inmediatamente la direccion de la línea meridiana.

175. Es de advertir que solo para facilitar la explicacion de este método de trazar la meridiana, he supuesto al sol en el solsticio; pero puede hacerse uso de él en todos los demas tiempos del año, aplicando entónces al resultado una pequeña correccion por la variacion que tiene la declinacion del sol en el intervalo de las dos alturas, la qual influye en la duracion de este intervalo. Sin embargo tal correccion que se halla calculada para todos los dias del año en las *efemérides y tablas astronómicas*, es siempre muy pequeña, y puede despreciarse quando nos sirvamos de las sombras para hallar la meridiana, á ménos que el sol no esté muy cerca de los equinoccios, circunstancia en que la variacion diaria de su declinacion es la máxîma posible. Por eso debe evitarse esta clase de operaciones en los dias

en que el sol se halle próxîmo al equador (1).

176 Se trazará acaso mas cómodamente la meridiana por medio de las sombras del *estilo*, uniendo á su extremo superior una plancha ó chapa M (*fig. 35*) que esté á nivel próxîmamente, y que la traspase un agujero redondo. Se determina el punto R que corresponde en el plano horizontal perpendicularmente á este agujero, y desde este punto, como centro, se describe un arco V Q. Obsérvense por mañana y tarde los puntos V y Q, en los quales se hallará sobre este arco el centro del punto luminoso que representa la imágen del agujero de la plancha, y dividiendo el arco V Q en dos partes iguales, la línea S N tirada por R y por el medio del arco, será la *meridiana*. Trazada esta es muy fácil determinar la declinacion de la aguja imanada (*13*), pues basta aplicar la caxa de la brúxula sobre el plano horizontal en que la meridiana se marcó, dirigiendo la línea norte sur de la brúxula de modo que se confunda con ella, y entónces se ve qué ángulo forma la aguja con esta direccion.

177 Con una sola altura del sol ó de es-

(1) Del mismo modo puede servir el *gnomon* para deducir en qualquier dia del año la latitud de un lugar. El que quiera averiguarla por este medio imperfecto, planta un palo que supongo sea de tres pies, y mide su sombra á mediodia. Supongo igualmente que esta sea de dos pies. El logaritmo de dos pies restado del de tres pies le da la tangente de 56° 19′ 0,47712
que es la altura del sol 0,30103

0,17609

Su declinacion deducida del Almanake, añadida á esta altura si es austral, ó restada de ella si es boreal, da la altura del equador, cuyo complemento es la latitud que se busca.

trella se puede hallar en qualquiera momento la hora verdadera que es entónces, si se conocen de antemano la latitud del lugar donde se está y la declinacion del astro que se observa; y deducir de aquí la posicion de la meridiana. Para lo qual concíbanse por el zenith Z (*fig. 36*) por el polo P, y por el astro dos arcos de círculo máxîmo Z S y P S, de los quales el primero, que es el *vertical* en que se halla el astro, mide su distancia al zenith, y el segundo su distancia al polo. Estos dos arcos forman con la parte Z P del meridiano comprehendida entre el polo y el zenith, un triángulo esférico cuyos tres lados son conocidos, porque Z P es el complemento de la altura de polo P N, Z S lo es de la altura verdadera H S, y el arco P S se deduce de la declinacion del astro, la qual siempre se resta de la distancia del polo al equador ó de 90°, si el astro está entre el polo y el equador, y se suma con esta distancia si se halla mas allá del equador con respecto al polo elevado. Estos datos y la resolucion de los triángulos esféricos facilitan el cálculo de los ángulos Z P S y P Z S, iguales á los de los planos que comprehenden los lados Z P y P S, Z P y Z S. El primero señala la diferencia que hay entre el meridiano del lugar A y el meridiano ó círculo de declinacion en que se halla el astro al momento de la observacion; la qual si se reduce á tiempo, da á conocer el intervalo que debe pasar entre el momento de la observacion y el paso de este astro por el meridiano; y esta es la razon por qué se le llama *ángulo horario*, cuyo cálculo se hace por la regla siguiente, que se demuestra en la álgebra, usando para mayor facilidad de logaritmos. *Súmense los tres lados Z P,*

*Z S y P S, y habiendo tomado la mitad de la suma, réstense sucesivamente cada uno de los lados Z P y P S, entre los que se comprehende el ángulo buscado Z P S, con lo que habrá dos restas. Entónces súmense los logaritmos de los senos de las dos restas que se acaban de hallar, y los complementos aritméticos de los logaritmos de los senos de los dos lados del ángulo pedido, y la mitad de esta suma será el logaritmo del seno de la mitad de este ángulo.*

*Exemplo.* En la mañana de 18 de Diciembre de 1802 tomé en Madrid con mi sextante una altura de sol fuera del meridiano que despues de todas las correcciones necesarias resultó de 20° 59′ 15″. La declinacion austral del sol entónces era 23° 24′ 4″, 6, y la latitud de Madrid de 40° 25′ como se sabe. Con estos datos quiero saber por la regla precedente qué hora era en el momento de esta observacion:

| | |
|---|---|
| Z P complemento de la latitud... | 49° 35′ |
| Z S complemento de la altura verdadera..... | 69° 00′ 45″ |
| P S = 90° + la declinacion..... | 113° 24′ 4, 6 |
| Suma..... | 231° 59′ 49″, 6 |
| Semi suma..... | 115° 59′ 54″, 8 |
| —Z P..... | 49° 35′ |
| Resta primera..... | 66° 24′ 54″, 8 |
| | 115° 59′ 54″, 8 |
| —P S..... | 113° 24′ 4″, 6 |
| Resta segunda..... | 2° 35′ 50″, 2 |
| Logar. de sen. de 66° 24′ 54″, 8 | 9.96211 80 |

| | | |
|---|---|---|
| Logaritmo sen. de | 2° 35′ 50″, 2 | 8.6562377 |
| Complemento logar. del sen. de | 49° 35′ = Z P | 0.1184158 |
| Complemento logar. del sen. de | 113° 24′ 4″,6 = P S. | 0.4010234 |
| Suma | | 19.1377949 |
| Semisuma | | 9.5688974 |

ó logaritmo seno del ½ angulo Z P S que corresponde en las tablas á 21° 45′ 6″, cuyo duplo 43° 30′ 12″ convertido en tiempo (*123*) da 2ʰ 54′ 0″ ⅔ para el intervalo entre el momento de la observacion y el del paso del sol por el meridiano. Quando se trata de este astro, el tiempo que resulta debe añadirse ó restarse de 12 horas, segun se observa despues ó ántes del mediodia. En nuestro caso, como la observacion fue por la mañana, se debe restar de 12ʰ la cantidad de 2ʰ 54′ 00″, y resultará que la observacion se hizo entre 9 y 10 de la mañana, á saber, á las 9ʰ 5′ 59″ ⅓. Si para deducir la hora nos servimos de una estrella en vez del sol, la cantidad que produce el cálculo se añadirá ó restará de la hora del paso de la estrella por el meridiano segun se haya hecho la observacion, ó despues ó ántes de la *culminacion* del astro; y el calcular la hora del paso de una estrella por el meridiano del lugar es muy fácil por medio de los catálogos de sus *ascensiones rectas* que se hallan en las efemérides, comparándolas con la del sol en aquel dia (1), y usan-

(1) La *ascension recta* del sol, del mismo modo que la de las estrellas, es el arco del equador comprehendido entre el equinoccio de Aries y el punto del mismo equador á que el sol corresponde perpendicularmente cada dia del año. Aun quando no se busque en las efemérides esta cantidad, puede calcularse fácilmente en conociendo la declinacion, por que pertenece á un triángulo esférico t ♈ h

do de los métodos y correcciones que se apuntan con claridad en los Almanákes astronómicos españoles y extrangeros.

178 En quanto al ángulo P Z S que llamamos *azimutal* (*30*), se calcula con los mismos datos que el *ángulo horario*, aplicándose á los respectivos lados la regla precedente en el cálculo. Con ella se halla que en dicho dia 18 de Diciembre de 1802 á la hora deducida, el ángulo P Z S, ó el verdadero azimut del sol era de 152° 17′ 40″ contado desde el punto del norte, ó de 27° 42′ 20″ desde el punto del *sur* que en la figura corresponde á M y al ángulo S Z M suplemento del azimut que se refiere al punto N.

179 Como el ángulo azimutal manifiesta ó es idéntico con el que el plano Z A N del meridiano del lugar hace con el plano vertical Z A H que pasa por el astro, ámbos perpendiculares al plano horizontal M H N, es consiguiente que le servirá de medida el ángulo de las comunes secciones A H y A N del primero y segundo con el tercero. Luego si señalamos sobre el suelo ó sobre qualquier plano horizontal en el momento de la observacion la direccion A H en que vemos al sol con el instrumento, inferiremos la de la meridiana M N, que podremos trazar desde luego con un trasportador, ó por qualquiera otro medio que nos dé la abertura del ángulo azimutal calculado.

180 Si se tomase Z S de 90°, el punto S es-

(*fig. 6*) rectángulo en h, donde á mas del radio y la declinacion t h (pues suponemos que en t está el sol) se conoce el ángulo t ♈ h de la obliquidad de la eclíptica = 23° 28′ (*148*) Diráse pues, *tangente 23° 28′: tangente t h :: R: sen.* ♈ h que es el arco del equador que mide la ascension recta.

taria en H en el horizonte, y el ángulo horario Z P S daria la diferencia entre la hora del paso de un astro por el meridiano y el de su orto ú ocaso real, es decir, la semiduracion de su permanencia real sobre el horizonte; de donde se deducirá, si es el sol el astro de quien se trata, el número de horas que tiene realmente qualquier dia del año en un pueblo supuesto de la tierra. El cálculo en esta ocasion es aun mas sencillo que el del *ángulo horario* quando el astro está ya fuera de horizonte, porque se refiere al triángulo N P S rectángulo en N, donde conociéndose P N, altura de polo y P S igual á 90° mas ó ménos la declinacion, se deduce el ángulo N P S así:

Tang. P S: tang. P N:: R: Cos. N P S = Cos. Z P S por ser suplemento uno de otro. Este ángulo horario será menor de 90° si la latitud del lugar y la declinacion del astro son de denominacion diferente, esto es, una boreal y otra austral, y de mas de 90° si son de la misma denominacion. Pero si quisiéramos calcular la hora del orto ú ocaso aparente, entónces añadiríamos al arco Z S ó á 90° la refraccion que eleva al astro sobre el horizonte, y quitaríamos la paralaxe que le deprime (*165*); el cáculo se haria por el método enseñado (177), y la cantidad resultante será siempre mayor que la que salió en el cálculo del orto y ocaso real, porque excede siempre la presencia aparente del astro sobre el horizonte á su presencia real sobre este círculo. He dicho que de esta manera se sacan las horas de que consta un dia dado, porque suponiendo que el ángulo horario del sol convertido en tiempo sea de $7^h$, quiere decir que tal es el intervalo entre

el momento de nacer ó ponerse y el mediodia; y duplicando el ángulo, que la duracion de aquel dia será de 14 horas. Quando queramos averiguar la hora del orto ú ocaso de uno de los bordes del sol y no del centro, entónces calcularémos el ángulo horario Z P S por la regla general (177), dando á Z S 90° 33′ *mas ó ménos* el semidiámetro del sol, segun se trate del borde superior ó inferior.

181 El ángulo P Z S calculado en ocasion de estar el astro en el horizonte, da la distancia á que entónces se halla del punto *norte* ó *sur* de este círculo, conforme sea la denominacion del polo P, cuya distancia es el complemento de la *amplitud* ortiva ú occidental, segun que se la observe al nacer ó ponerse el astro (27), el qual suponiendo que P es el polo del norte, resultará que sale del horizonte entre dicho polo y el equador, si la distancia H N es menor de 90°, y al contrario entre el equador y el polo antártico si pasa de 90°. Tambien en este cálculo debe distinguirse si lo que se busca es la amplitud verdadera, prescindiendo de la refraccion, ó la amplitud aparente. En el primer caso se halla resolviendo el triángulo P N S rectángulo en N por esta analogía.

Cos. P N ó de la latitud del lugar: R :: Cos. P S ó de la distancia del astro al polo elevado: Cos. del arco H N que mide la distancia S N, ó sen. de la amplitud ortiva ú occidental. Pero en el segundo caso se supondrá que H N es un *almicantarath* ó paralelo inferior 33′ al horizonte, y se hallará la amplitud aparente por la resolucion enseñada (177) del triángulo Z P S, donde se conocen los tres lados Z S de 90° 33′, Z P comple-

mento de la latitud y P S distancia del astro al polo ó complemento de la declinacion. El complemento del ángulo P Z S será la amplitud aparente. Se hallará tambien esta amplitud referida á uno de los bordes del sol, dando á Z S 90° 33′ ménos ó mas el semidiámetro del astro. Y en general siempre que la declinacion y la latitud empleadas en el cálculo sean de la misma denominacion, la amplitud será correspondiente al hemisferio del polo elevado, ó la distancia hallada por el cálculo, menor de 90°, y al contrario si la latitud y delinacion tienen diferente nombre.

182 Con la observacion de la amplitud y con la del azimut ó ángulo comprehendido entre el vertical Z S y el meridiano Z P, se logra conocer quanto se aparta la direccion de la aguja imanada, de la línea meridiana (12), á fin de servirse de la brúxula para muchos usos importantes, y aun para hallar la misma meridiana miéntras no ha variado su declinacion por efecto del tiempo ó por la mutacion de un parage á otro: dos causas que la alteran como dixe en la Leccion I. En mar, donde no se puede trazar una meridiana, es preciso valerse de estas dos clases de observaciones en el uso y correccion de la brúxula, y aun en tierra es muy cómodo sobre todo el uso de los azimutes.

183 El fundamento de estas correcciones consiste en comparar la amplitud ó azimut de un astro deducidas del cálculo astronómico ó el punto del horizonte á que realmente corresponde el vertical de un astro, con el punto de la rosa ó limbo de la brúxula á que corresponde al mismo tiempo, pues es claro que la diferencia del primer resultado y del segundo manifestará la decli-

nacion de la aguja en aquella ocasion si esta se ha construido con la delicadeza necesaria para las observaciones de los astros. La observacion con la aguja, de la amplitud de un astro, se reduce á una operacion igual á la que se executa para saber el ángulo que forma con el meridiano magnético la direccion tirada por el centro de la rosa á un objeto terrestre, cuyo ángulo se llama *marcacion*, la práctica de observarlo *marcar*, *y aguja de marcacion* la que sirve para estas operaciones. La aguja de marcar tiene dos pínulas A y B (*fig.* 21), cuya línea visual pasa exâctamente por el centro de la rosa. Miéntras un observador enfila el objeto con las pínulas, otro deberia ver el punto de la rosa á que corresponde la visual señalada ó diámetro paralelo; pero como entónces los dos observadores se embarazarian mutuamente, en la rosa ó aguja se señala una línea perpendicular á la que une las dos pínulas, y el segundo observador mira entónces la posicion de esta línea respecto á la norte sur. El ángulo de ámbas es enteramente igual al que mide la distancia del objeto á la línea este-oeste de la la aguja; porque suponiendo que (*fig.* 37) N S sea la línea norte sur de la rosa, O E la línea este oeste, P I la visual ó línea de las pínulas y P′ I′ una perpendicular á ella; si quando un observador enfila un objeto por la línea P I otro mira la posicion de la línea N S respecto de la I′ P′, el ángulo que observe será el que forma la visual dirigida al objeto con la línea este-oeste de la rosa. En efecto este ángulo N C I′ es complemento de N C P, pero lo es tambien P C O; luego P C O = N C I′. En las agujas de tierra que á veces no tienen rosa, como las divisiones del limbo

no se mueven con la planchuela, el ángulo del objeto con la línea este-oeste de la aguja será igual al que formen la planchuela ó el punto adonde corresponde en el limbo y la perpendicular á la línea de las pínulas. Por consiguiente, si el objeto observado es algun astro en el horizonte, su amplitud en la aguja será igual al ángulo determinado de aquel modo. Para observar el sol, la pínula ocular debe tener un vidrio de color ú obscuro, que engastado en una abrazadera pueda correr por todo el largo de la pínula, y fixarse por su friccion donde convenga; la pínula objetiva debe dividirse en todo su largo por un hilo muy delgado, como se acostumbra: ámbas pueden fixarse en una alidada movible y hacerse de *quita y pon*; y es de la mayor importancia que el plano determinado por la abertura de la ocular, y el hilo de la objetiva pase precisamente por el centro de la rosa, y en las brúxulas que no la tienen por el centro del limbo que se les substituye. Se conocerá fácilmente que las pínulas estan bien centradas notando si sus dos extremos corresponden á grados ó puntos diametralmente opuestos de la circunferencia; y en general el uso de la aguja será mas exâcto quanto mas crecido se haga el diámetro de la rosa ó limbo, pues aumentándose la magnitud de las divisiones se disminuye el peligro de equivocarse al fixar la que conviene.

184 La *aguja de marcar* se apropia tambien á las observaciones de azimut haciendo las dos pínulas ó una sola como de 6 pulgadas de alta, y tendiendo un hilo por los extremos superiores de ámbas, ó por el superior de la una al inferior de la otra, cuya sombra pasando por el centro

de la rosa determina el azimut del sol en qualquier caso, observando entónces la cantidad que la planchuela se aparta de la línea que sobre el limbo ó rosa señale esta sombra. Si no es el sol, sino otro astro el observado, se verá qual es el ángulo que forma la planchuela con la línea de las pínulas quando mirando por entre estas el hilo corta al astro. Para distinguir las divisiones menores del grado, se aplica á las agujas de mar el *vernier* ó *nonio* (49) poniéndole comunmente dentro del mortero y debaxo de las pínulas en una pieza que por medio de un boton saliente al exterior se hace tocar quando conviene al márgen de la rosa, con lo que se evita la concurrencia de dos observadores, que si no son muy prácticos pueden producir algunos yerros no fixándose en el mismo instante; quando en nuestro caso, apoyándose la rosa en el centro y en el punto de contacto, queda inmóvil quando quiere el observador que enfila, y puede despues ver el grado á que corresponde. Es verdad que así se echa á perder la punta del estilo, y se desarregla su posicion en el mortero; pero este inconveniente se evita exâminando con freqüencia el chapitel y el estilo para reparar los efectos perjudiciales. En las agujas de tierra, como la descrita en la fig. 21, el nonio se pone en una alidada que anda con las pínulas sobre el borde exterior de la caxa en que se contiene la planchuela.

185 En estas agujas de marcar y azimutales hay sin embargo el inconveniente de tener que mover toda la máquina para buscar el objeto con las pínulas, porque de la friccion de la base en que descansa resultan movimientos irregulares que agitan la rosa, y pueden acarrear errores de entidad en los

puntos á que se refiere la enfilacion. Para evitar estos defectos y otros, piensa el Señor Mendoza, de cuyo excelente *tratado de navegacion* he sacado gran porcion de mis observaciones sobre la aguja, que adaptándose á esta el vernier de resorte con el boton necesario para fixar la rosa quando convenga, las pínulas se situen en los dos extremos del diámetro perpendicular al exe fixo, de modo que su direccion y el diámetro tirado por el cero del vernier coincidan; y que toda la máquina deba girar suavemente sobre un exe vertical por un artificio sólido qualquiera.

186 Observa igualmente este mismo sabio español que como la determinacion del azimut del sol depende del uso de la sombra, el que supone que el plano que la recibe sea perfectamente paralelo al horizonte, síguese que en la mar donde esto no puede conseguirse sinò aproxîmadamente, porque lo estorban las continuas é irregulares agitaciones de la nave, la aguja azimutal es un instrumento, ó inútil ó á lo ménos de un uso muy precario, y que exîge la mayor circunspeccion para no cometer gravísimos errores. Esto no estorba que quando la mar llana lo permita, ó la poca pureza del cielo en el horizonte impida ver los astros quando salen ó se ponen, se averigüe la declinacion por este medio; pero en general será mucho mas útil emplear la amplitud observándola con una aguja construida con las posibles precauciones. Al contrario en tierra donde el primer supuesto puede casi siempre conseguirse, y por otra parte es imposible observar las amplitudes por no verse los astros en el preciso instante que salen ó se ponen en el horizonte; la comparacion de un azimut astronómico con

otro magnético es el medio mas seguro de averiguar la variacion de la aguja.

187 Esto supuesto, la amplitud aparente calculada por el método dicho (*181*), y referida para mayor seguridad á uno de los bordes del sol, comparándola con la que se marca ú observa con la aguja al momento de asomar el sol por el horizonte, no hay duda que dará la *declinacion* de la planchuela; porque siendo la amplitud (*fig. 44*) el ángulo E C A hácia el sur ó hácia el norte del verdadero levante ó poniente, segun el hemisferio en que se halle el astro, si se marcó con la aguja el ángulo A C e, esto es, quanto el E ó el O de ella está hácia el S. ó hácia el N. del astro, la suma ó la diferencia de dichos ángulos dará la *declinacion* de la aguja; y para determinar su especie se levantará la perpendicular n C á la línea o e de ella, con lo que se manifestará si nordestea ó noroestea sin necesidad de valerse de reglas de memoria. Con este fin luego que se haya hecho la marcacion se traza una figura circular que representa el horizonte con la cruz de los quatro puntos cardinales N. S. E. O. del mundo. Supongamos que el sol tiene 11° 9′ de amplitud sur á su salida. Desde el punto E hácia el S se señala el arco de 11° 9′ hasta el punto A. Se marcó con la aguja que el *este* de ella estaba apartado 8° hácia el sur del sol. Señálese el punto e apartado de A 8° hácia el sur, tírese el diámetro e o que represente el *este oeste* de la aguja. La figura dice que la variacion es la suma del arco que hay desde el este de la aguja hasta el astro, y desde este al verdadero levante en E, esto es, 19° 09′: levántese la perpendicular G n al este oeste de la aguja, y por

quanto esta cae entre el N y el E del mundo se concluye que la variacion es N. E. Si la observacion de la aguja quiere compararse con la amplitud verdadera calculada, no se marcará el sol hasta que su borde inferior se halle ya distante del horizonte un poco mas que su semidiámetro, porque se sabe que quando el centro del sol está en el horizonte verdadero parece ya elevado cerca de 33′ sobre él.

188 Como el uso de las amplitudes no puede verificarse en tierra, y aun en mar muchas veces se desgracia porque el sol al nacer ó ponerse se halla freqüentemente envuelto en nubes, y no se descubre hasta llegar á cierta altura sobre el horizonte, por eso se acude á la observacion del *azimut*, el qual ya hemos visto (*178*) que se deduce rigorosamente, dada la altura del astro en aquel momento, su declinacion y la latitud del lugar. Así quando se quiere conocer la direccion N. S. de la aguja ó su desvio de la meridiana por medio de un azimut de sol ó de otro astro, se necesita que obren de concierto dos observadores, de los quales el uno observa la altura del astro con un sextante ó círculo, y el otro exâmina en la aguja azimutal (*183*) el azimut magnético ó el ángulo que forma en la brúxula el rayo visual dirigido por el vertical del astro con la línea N S. Verdad es que con poca práctica que tengan ámbos de trabajar de consuno, executarán exâctamente las observaciones haciéndolas en el mismo instante, esto es, indicando el que tiene la brúxula la direccion de la planchuela respecto de la línea de las pínulas, al mismo tiempo que el observador con el sextante avise estar tangentes los dos soles (*45*). Para mayor seguridad se repetirá

dos ó tres veces esta operacion compuesta, y tomado un promedio entre las alturas dadas por el instrumento, é igual número de marcaciones simultáneas de la brúxula, se calculará el azimut verdadero del astro para compararse con el que haya indicado esta, y la diferencia entre ámbos dará la declinacion. En general, la observacion de los azimutes será tanto mas segura quanto el astro esté ménos elevado sobre el horizonte, principalmente porque las marcaciones de la brúxula no son susceptibles de cierta exáctitud, sino quando el objeto que se marca tiene poca altura.

189 Supongamos pues que habiéndose marcado al sol por la mañana á 30° de distancia del S. hácia el E. de la aguja azimutal, sea el azimut verdadero calculado para este instante de 46° tambien del S. al E. Para determinar la *declinacion* con estos datos considérese la figura (*fig. 45*) donde los puntos N. S. E. O. representan los puntos cardinales de la brúxula. Si se pone al sol en D á 30° de distancia de S. hácia E. conforme á la marcacion, y el punto *sur* del mundo en A á 46° de D con arreglo á lo que dió el cálculo del azimut, la cantidad A S será la declinacion, igual á la diferencia de A D y S D: porque

A D Azimut verdadero del S. hácia el E.... 46°
S D Azimut magnético del S. hácia el E..... 30
A S = Declinacion N. O. como se ve en la figura..... 16°

190 En el caso propuesto (*177*) de mi observacion del 18 de Diciembre de 1802 el azimut verdadero del sol contado desde el norte era 152° 17′ 40″ = 27° 42′ 20″ del S. para el E. por ser esta cantidad el suplemento de 180°. Al mismo tiempo que se tomó la altura del sol de donde se

deduxo este resultado, se marcó este astro con una aguja de buen radio á 8° 2′ 30″ del S. al E. y se deduxo así la *declinacion* en Madrid

Azimut verdadero..... 27° 42′ 20″ del S. al E.
Azimut magnético..... 8° 2′ 30″
Diferencia = declinacion N O..... 19° 39′ 50″

Hubiéramos tenido el mismo resultado haciendo la comparacion al contrario, esto es, reduciendo el azimut observado con la brúxula á una graduacion contada desde el norte, pues ciertamente lo mismo es estar el sol 8° 2′ 30″ del S. al E. que 171° 57′ 30″ del N. al S. por el E. Diriamos pues

Azimut verdadero contado desde el N..... 152° 17′ 40″
Azimut magnético contado tambien desde el norte..... 171° 57′ 30″

Diferencia = declinacion N O. 19° 39′ 50″ (1)

Sea pues regla general para deducir por azimutes la declinacion de la aguja, y en qué sentido es, la siguiente. *Tómese la diferencia entre el azimut verdadero, y el magnético contados ámbos desde el mismo punto del meridiano por*

(1) En 30 de Julio de 1748 halló el sabio Don Jorge Juan la declinacion de la aguja imanada de 16° 20′ en Madrid, sirviéndose de una aguja como de quatro pulgadas de largo, y de azimutes del sol y de la estrella *Antares* calculados para el momento de la observacion; en la que sin embargo usando del uno y del otro azimut encontró diferencias de un grado. *Memoires del' Academie Royal de Sciences annee 1777.* Comparando esta observacion de Don Jorge Juan con la mia de 1802, resulta que en 54 años la declinacion de la aguja ha variado en Madrid 3° 19′ 50″ hácia el O. Pero ámbas observaciones son poco decisivas en este asunto, en el que me propongo hacer mas adelante nuevas experiencias.

*exemplo desde el N, cuya diferencia será la declinacion de la aguja. Y la declinacion hallada será del mismo nombre que el azimut verdadero si este es mayor que el magnético, pero de nombre contrario si es menor.*

191 Del mismo modo que se ha deducido el azimut del sol en un instante dado (*178*) se saca igualmente á qué hora de la mañana ó de la tarde tendrá este astro un ángulo azimutal qualquiera, una vez que se haya calculado por la trigonometría esférica su altura en aquel instante, porque entónces en el triángulo Z P S (*fig. 36*) se dan conocidos los lados Z S y S y el ángulo P Z S, y se busca el otro ángulo Z P P S, que se hallará fácilmente por esta analogía. Sen. S P : sen. P Z S : : sen. Z S : sen. Z P S, ó del ángulo horario, el qual convertido en tiempo dará la hora en que tendrá el sol el azimut supuesto añadiendo ó restando de 12 las horas que resulten, segun el cálculo se haga para la mañana ó para la tarde. Por este medio se hallará la hora de cierto dia del año, en que comenzará á dar el sol, ó acabará de dar en una pared, suponiendo que se conozca el ángulo que ella hace con la meridiana, el que se llama *declinacion del plano*, y que este sea vertical; pues si el plano declina 75° del mediodia al oriente, en averiguando á qué horas tendrá el sol 75° de azimut por el lado de oriente en el dia dado y 105° de azimut por el poniente, estas serán las horas en que empezará y dexará de dar el sol en la superficie meridional de la pared, y por consiguiente la primera y la última hora que se podrá ver en un quadrante ó relox de sol fixado en ella, ó que decline del mediodia hácia el oriente 75°.

192 Por medio de las observaciones astronó-

micas puede determinarse el *azimut* de una torre, montaña y otro objeto terrestre qualquiera, ó el punto del horizonte á que corresponde respecto del verdadero norte, lo que se llama *orientarle*. Si luego se hace la misma determinacion de otra montaña ú edificio, queda establecida la situacion recíproca de ámbos objetos, ó el rumbo á que estan uno de otro con mucha mas exâctitud que la que podrian dar las marcaciones de la aguja aun despues de todas las correcciones. Por eso debe preferirse este método en las operaciones geográficas que piden mucha precision; y el modo de practicarle se deduce del siguiente exemplo, que he tomado substancialmente de la memoria de Borda intitulada *Description et usage du cercle de reflexion.*

*Exemplo.* El 25 de Abril de 1787 á las $7^h \frac{1}{2}$ de la mañana estando en latitud estimada de 28° 6′ norte, y en longitud de 13° 28′ al O. de Madrid, se tomó una altura del borde inferior del sol de 11° 37′ 57″, y al mismo tiempo otro segundo observador midió con círculo ó sextante de reflexion la distancia aparente entre la cima de una montaña algo lejana y el mas próximo borde del sol, la qual resultó de 46° 19′. La altura aparente de esta montaña era segun observacion de 4° 1′, y estaba del lado del norte respecto al sol. Se pide el azimut de la montaña, ó el ayre de viento en que se la ha marcado.

Averiguarase primero la altura aparente, y la altura verdadera del centro del sol, la distancia aparente de esta montaña, y luego la distancia del sol al polo elevado sobre el horizonte.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura observada del borde del sol.. | 11° | 37′ | 57″ |
| Añadese el semidiámetro..... + | | 15′ | 56″ |
| Altura aparente del centro del sol. | 11° | 53′ | 53″ |

Refraccion — Paralaxe..... — 4′ 24″
Luego *altura verdadera del centro del sol*..... 11° 49′ 29″
Distancia medida de la montaña al borde mas próximo del sol... 46° 19′ 00″
Semidiámetro del sol..... + 16′
Luego *distancia aparente de la montaña al centro del sol*..... 46° 35′ 00″
Finalmente, por la *declinacion* del sol en aquella hora, se sacará su distancia al polo elevado sobre el horizonte..... 103° 13′ 00″

Esto supuesto se determinará primero la distancia azimutal entre el polo norte y el sol por el método dado (*178*), y se deduce de 112° 8′. En seguida se busca la diferencia de azimut entre el sol y la montaña del modo siguiente:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Distancia aparente del ☉ á la montaña..... | 46° 35′ | | |
| Altura aparente del sol..... | 11° 54 | Comp. cos. | 0,0094358 |
| Altura aparente de la montaña. | 4° 1 | Comp. cos. | 0,0010681 |
| Suma..... | 62° 30 | | |
| Mitad de la suma. | 31° 15 | Cos..... | 9,9319213 |
| Mitad de la suma — la distancia. | 15° 20 | Cos..... | 9,9842589 |
| | | Suma..... | 19,9266835 |
| | | Mitad de la suma..... | 9,9633417 |

Este será el coseno de la mitad del ángulo azimutal..... 23° 13′
Luego ángulo azimutal..... 46° 26′

Y como ántes se halló el azimut del sol..... 112° 08′
Restando uno de otro se tiene el azimut de la montaña..... 65° 42′
Así esta montaña estaba al *Norte* 65° 42′ *Este* del observador, ó al *Este* 24° 18′ *Norte*.

193 El cálculo del instante del orto y ocaso del sol, nos conduce tambien á determinar la duracion del *crepúsculo*, para lo qual basta aumentar 18° el arco Z H (*fig. 36*), medida de la depresion que tiene el *almicantarath*, pasado el qual los rayos del sol, reflexados por la atmósfera, no pueden ya llegar á la superficie de la tierra, ni producir aquella luz débil que parece ántes de nacer el sol, y despues de ponerse. Haciendo los cálculos precedentes (*180*) para diversas latitudes y diversas declinaciones del sol, se saca la precisa duracion de los dias mas largos y mas cortos del año, y de los mas largos y mas cortos crepúsculos. Así he calculado que el mayor dia de Madrid consta de $15^h\,9'\,43''$ el menor de $8^h\,56'\,17''$, y el mayor crepúsculo de $2^h\,40'\,23''$ por mañana ó tarde. Así tambien se deduce que en los paises que tienen mas de $48°\frac{1}{2}$ de latitud, como París, el crepúsculo dura toda la noche, y que los hombres que habitasen debajo del polo, disfrutarian un crepúsculo de 7 semanas, de manera que se disminuiría para ellos 14 semanas la duracion de las tinieblas por efecto de los crepúsculos (*161*).

194 Fundados en la duracion del dia, comparada con la de la noche en el solsticio de estío, estableciéron los antiguos geógrafos una division de la tierra en *climas*, la qual quando todavía no se estilaba marcar la situacion de los paises

por su latitud dividida en grados y minutos, servia para dividir el globo en ciertas porciones en la misma direccion, y consiguientemente para tratar de algun sitio particular con cierto grado de claridad, aunque léjos aun de la debida precision. Son, pues, los *climas* en este sentido, trechos de la superficie terrestre de varias anchuras, regulándose estas por la diferencia de horas halladas entre el nacer y ponerse el sol el dia mas largo del año en diferentes lugares. El primer clima comienza en el equador, donde los dias, iguales con las noches, son de 12 horas, y termina en aquel paralelo al mismo equador, donde el dia mas largo es de $12^h$ 30′. El segundo clima termina en otro paralelo, donde el mayor dia es de 13 horas, y en general se cuenta nuevo clima á cada media hora de aumento en la duracion del dia solsticial, hasta el *círculo polar*, en donde aquel dia comprehende 24 horas (*139*). Pasado este término, la diferencia de climas se cuenta por meses, porque cada polo pasa todo el intervalo comprehendido entre los dos equinoccios ó 6 meses en la parte de la tierra iluminada por el sol, y ó meses en la parte obscura; y los puntos intermedios permanecen constantemente en una ú otra, mas ó ménos tiempo, segun su distancia del polo. El primer *clima de mes* termina por consiguiente en aquel paralelo al equador, situado mas allá del círculo polar, cuyos puntos estan alguna vez expuestos al sol continuamente durante un mes, y así los demas, hasta el polo donde el dia dura ó meses del año, y la noche otros 6.

*Tabla de los climas comprehendidos entre el equador y los círculos polares, sacada de la obra de Jorge Adams, intitulada* Astronomical and Geographical Essays.

| *Climas.* | *Horas.* | *Latit.* G. | M. | *Anch.* G. | M. | *Climas.* | *Horas.* | *Latit.* G. | M. | *Anch.* G. | M. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12½ | 8 | 25 | 8 | 25 | 13 | 18½ | 59 | 58 | 1 | 29 |
| 2 | 13 | 16 | 25 | 8 | 00 | 14 | 19 | 61 | 18 | 1 | 20 |
| 3 | 13½ | 23 | 50 | 7 | 25 | 15 | 19½ | 62 | 25 | 1 | 07 |
| 4 | 14 | 30 | 25 | 6 | 30 | 16 | 20 | 63 | 22 | 0 | 57 |
| 5 | 14½ | 36 | 28 | 6 | 08 | 17 | 20½ | 64 | 06 | 0 | 44 |
| 6 | 15 | 41 | 22 | 4 | 54 | 18 | 21 | 64 | 40 | 0 | 43 |
| 7 | 15½ | 45 | 29 | 4 | 07 | 19 | 21½ | 65 | 21 | 0 | 35 |
| 8 | 16 | 49 | 01 | 3 | 32 | 20 | 22 | 65 | 47 | 0 | 22 |
| 9 | 16½ | 52 | 00 | 2 | 59 | 21 | 22½ | 66 | 06 | 0 | 19 |
| 10 | 17 | 54 | 27 | 2 | 29 | 22 | 23 | 66 | 20 | 0 | 14 |
| 11 | 17½ | 56 | 37 | 2 | 10 | 23 | 23½ | 66 | 28 | 0 | 08 |
| 12 | 18 | 58 | 20 | 1 | 52 | 24 | 24 | 66 | 31 | 0 | 03 |

*Tabla de los climas de menos.*

| *Climas.* | *Dia mas largo.* | *Latitud.* G. | M. | *Anchura.* G. | M. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 67 | 23 | 0 | 51 |
| 2 | | 69 | 10 | 0 | 27 |
| 3 | 3 | 72 | 28 | 3 | 49 |
| 4 | 4 | 78 | 31 | 4 | 52 |
| 5 | 5 | 84 | 05 | 5 | 34 |
| 6 | 6 | 90 | 0 | 5 | 55 |

195 Aparece de las tablas precedentes que los climas *semihorarios* son tanto ménos anchos, quanto distan mas del equador, ó estan mas cerca de los círculos polares. La razon es porque la duracion del mayor dia de estos climas depende de la parte superior del trópico, que está hácia el polo elevado. Por consiguiente como el sol describe el trópico y todos los demás paralelos en 24 horas, si el arco superior ó diurno del trópico de Cáncer contiene 7° 30′ mas para un lugar que para otro, es preciso que el 21 de Junio, dia en que describe este trópico, y que es el mayor de todo el año en el hemisferio boreal, sea mas largo media hora en el primer lugar que en el segundo. Pero se ve fácilmente, por medio de una esfera armilar, que se necesita elevar ménos el polo para que se aumente 7° 30′ el arco diurno del trópico quando la latitud es mas crecida, que quando lo es ménos. Así á medida que es mayor la distancia del equador, con menor diferencia en latitud, hay media hora de diferencia en el dia mas largo del año. Puede tambien comprehenderse la razon de esta desigualdad, teniendo presente que la diferente duracion de dias y noches en cada clima, depende de un cálculo de los triángulos esféricos que forman los rayos de la luz del sol con el arco del círculo del globo que se halla en aspecto con este astro; este arco, que es la base de un triángulo, es una línea curva, tanto mas curva quanto es menor el círculo de que hace parte; y como los círculos paralelos quanto mas próximos al polo son menores, y mas grandes quanto mas cercanos al equador, por eso en la zona tórrida la diferencia de la duracion de los dias es muy corta entre dos círcu-

los paralelos bastante separados uno de otro, miéntras en las partes de la zona templada, próximas á la glacial, una distancia pequeña entre dos paralelos, produce muy grande diferencia en la duracion de los dias.

196 Por el contrario, la anchura de los climas de mes. va aumentándose hácia los polos; pues la duracion de los dias en estos climas no depende de la magnitud del arco diurno del trópico, sino de la del arco superior de la eclíptica, es decir, de la parte de este círculo máximo, que permanece constantemente sobre el horizonte durante la revolucion entera de la esfera. En este supuesto, imaginémonos que la altura del polo sea 66° 32′; en tal situacion, el punto de la eclíptica mas próximo al polo elevado, no puede esconderse baxo el horizonte, porque no dista mas que 66° 32′ del mismo polo: si se levanta este 50 ó 51′ mas, habrá un arco de 30° de la eclíptica, que siempre permanecerá sobre el horizonte, y así el sol será continuamente visible miéntras ande este arco, ó durante un mes. Ahora: si se quiere que el arco siempre visible de la eclíptica sea de 60°, se verá que es menester elevar el polo mas de 1°½, y la diferencia de la altura de polo debe ser todavía mas considerable para pasar del 2.° clima al 3.°, y así de los demás. Todo esto depende de la situacion de la eclíptica, y se entenderá fácilmente por medio de una esfera armilar.

197 En sabiendo quantas horas tiene el mayor dia del pueblo en que se vive, aunque se ignore el clima, podrá averiguarse sin recurrir á la tabla primera, quitando 12 de aquel número de horas; y multiplicando por dos las horas que

queden, resulta el número del clima. En Madrid, por exemplo, el mayor dia es de 15 horas, pero $15 - 12 \times 2 = 6$, con que Madrid está en el clima sexto. Sabiendo el clima y no las horas del mayor dia, se averiguan con diferencia de ménos de media hora, añadiendo á las 12 horas del dia de la equinoccial la mitad del número del clima, y el producto será el número de horas del mayor dia de aquel pueblo. Por exemplo, vivo en el clima 6.°; $12 + \frac{6}{2} = 15$; así 15 será el número de horas del mayor dia en el clima 6.°

198 Aunque la division de la tierra en climas traiga su orígen de la antigua geografía, sin embargo se diferencian mucho en ella los antiguos geógrafos de los modernos, pues no conociendo aquellos las dos zonas glaciales ni la templada austral, ni teniendo por habitable la tórrida, no empezaban, por lo comun, á contar los climas desde el equador, ni conocian mas que 7 climas, porque solo habia 7 medias horas de diferencia en los dias mayores de las ciudades que llegáron á su noticia. Acostumbraban además á contar los climas por los nombres de las poblaciones ó islas, cuyos paralelos atravesaban, diciendo v. g. clima *dia Meroes*, clima *dia Siene* (*dia* es partícula que en griego equivale á *por*). A los climas opuestos á estos les llamaban *antidias*: v. g. *antidia Meroes*, queria decir, el clima que corresponde á este por el otro lado de la línea en la zona templada austral y parte de la tórrida, adonde no creian fuese posible haber llegado hombres ó animales.

## *Climas de los antiguos geógrafos.*

1.° Clima. *Dia Meroes* á 20° latitud boreal en la zona tórrida hácia sus límites: su mayor dia 13 horas.

2.° Clima. *Dia Siene* cerca del trópico de Cáncer en el alto Egipto: su mayor dia 13 horas ½.

3.° Clima. *Dia Alexandria* de 14 horas.

4.° Clima. *Dia Rodas* de 14 horas ½.

5.° Clima. *Dia Roma* de 15 horas.

6.° Clima. *Dia Ponto*, atravesando el mar Negro, de 15½ horas.

7.° Clima. *Dia Boristhenes*, por cerca de las bocas del rio Dnieper, de 16 horas. Tolomeo adoptó diferente clasificacion de los climas en su *Almagesto*; pues describia 26 paralelos de quarto en quarto de hora desde 12 horas hasta 18; continuaba de media en media hora hasta 20 horas, donde pone la isla de *Thule*, que acaso es una de las que se hallan al N de la Escocia; despues de hora en hora hasta 24 horas; y finalmente de mes en mes.

199 Puede deducirse la latitud de un pueblo con solo saber el número de horas de que consta allí el mayor ó el mas corto dia del año; porque entónces en el triángulo Z P S (*fig. 36*) se conoce el ángulo horario Z P S igual á la semiduracion de aquel dia, Z S distancia del sol en el horizonte al zenith, igual á 90° 35′, y P S complemento de la declinacion. Imagínese ahora una perpendicular que baxe desde el ángulo S al lado opuesto Z P, y le divida en dos segmentos P X y Z X. En el triángulo rectángulo P X S se calculará el segmento P X por esta proporcion.

R : Cos. P :: tang. S P : tang. P X.
Y el otro segmento Z X por esta otra.
Cos. S P : Cos. P X :: Cos. S Z : Cos. Z X.
La suma ó la diferencia de estos segmentos, segun la perpendicular cayga dentro ó fuera del triángulo, dará el lado P Z, complemento de la altura de polo ó de la latitud del lugar. Así han deducido los astrónomos modernos que la latitud de Babilonia, donde residian los antiguos Caldeos, á cuyas observaciones se deben acaso los primeros materiales de la descripcion del cielo, era de 36°, porque Tolomeo dice que el sol se ponia allí á las $4^h$ $38'$ en el solsticio de invierno, ó que el dia mas corto de Babilonia era de $9^h$ $16'$.

## LECCION X.

*Idea general del verdadero sistema del mundo, y de nuestro sistema planetario. Fases y revolucion de la luna. Eclipses de luna y sol. Causa del movimiento de los planetas y del reposo de los astros. Método práctico de conocer las estrellas, para hacer de su observacion aplicaciones útiles á la geografía.*

200 Despues de mil opiniones y delirios de los filósofos de todos tiempos sobre la situacion y movimiento de los innumerables é inmensos cuerpos que constituyen el *universo* ó el gran sistema de la naturaleza: despues de las pretensiones engañosas, mantenidas tantos siglos por el orgullo del hombre, á saber, que todos los cuerpos celestes giraban al rededor de la tierra, miéntras esta pequeña bola en su soberbia inmovilidad,

se burlaba del torrente que arrastraba al universo; finalmente la hipótesi, ahora recibida por los mas juiciosos astrónomos, es que este universo se compone de un número infinito de sistemas particulares, que en cada uno de ellos hay un cuerpo luminoso colocado en el centro, al rededor del qual se mueven algunos cuerpos opacos, y que estos cuerpos luminosos y opacos, son los astros que se ven en los cielos.

201 Y por lo que toca á nuestro sistema planetario, ó á aquel sistema de que la tierra hace parte, un astro luminoso, llamado *sol*, y un número indeterminado de cuerpos opacos, que girando sobre su exe, se mueven al rededor del sol, como su centro comun, son los elementos conocidos de que se compone. Los cuerpos opacos se dividen en tres clases: *planetas* propiamente dichos, *satélites* ó planetas secundarios, y *cometas* que parece no son mas que planetas irregulares.

202 El sol ocupa uno de los focos de las elipses que describen los planetas, y es centro de la gravedad comun de todos los cuerpos opacos que reciben de él los dones preciosos del calor y de la luz. Su masa es 765 veces mas considerable que la de todos los planetas reunidos, y 329600 veces mayor que la de la tierra. Su diámetro de 319314 leguas de 25 al grado excede $111\frac{1}{48}$ veces al de la tierra; y siendo los volúmenes de los cuerpos esféricos entre sí, como los cubos de sus diámetros, se infiere que el sol tiene un volumen 1.381462 veces mas considerable que el de la tierra. La luz del sol emplea 8′ 7″ en llegar á nuestro globo. Si este astro

inmenso se debe tener por un cuerpo sólido y ardiente, ó por un fluido igneo, ó por un cuerpo opaco rodeado de atmósfera; es qüestion que acaso nunca se resolverá. El célebre Herschel leyó en 1795 en la Sociedad Real de Lóndres una memoria que se halla en las *Philosophicals Transactions*, en la qual da nuevas é ingeniosas explicaciones sobre la construccion física del sol, y las confirma con el resultado de sus numerosas observaciones, y con argumentos deducidos de la analogía. Cree Herschel, como otros astrónomos que le han precedido, que el cuerpo del sol se compone de un núcleo sólido opaco, cuya superficie presenta prominencias irregulares; pero en vez de comparar la materia luminosa que cubre este núcleo á un líquido birviendo, juzga que es solo una atmósfera compuesta de muchos fluidos elásticos, unos luminosos y otros simplemente transparentes, casi como sería nuestra atmósfera terrestre si sus nubes fuesen fosfóricas ó espontáneamente luminosas. Da hasta 200 leguas de elevacion á algunas asperezas de este núcleo, las quales, mostrándose sobre la atmósfera media del sol, forman á nuestro parecer las *manchas*, acerca de cuya naturaleza tanto han disputado los astrónomos. Finalmente, considera al sol como un planeta probablemente habitado, á la manera que los otros lo estan (1), esto es, por seres vivientes, cu-

(1) Sobre la pluralidad de los mundos, ó los argumentos que concurren á probar que los planetas y todos los cuerpos celestes estan poblados, léanse los diálogos de Fontenelle, donde se hallará quanto puede decirse en el asunto con amenidad y gracia inimitables. Hay una edicion de esta obrita en 1800 con notas de Lalande, la qual debe buscarse con preferencia sobre todo á la traduccion castellana, que no es muy buena.

yos órganos serán proporcionados á las circunstancias particulares del parage del universo donde nacen. Y si se opone á esta idea singular de la poblacion del sol, *que sus habitantes perecerian de calor*, el mismo Herschel responde con las experiencias modernas de los físicos, las quales prueban que los rayos del sol no son calientes por sí mismos, sino que tienen solamente la facultad de producir calor quando dan en cuerpos capaces de suministrar la materia del fuego, la qual se crea ó se desprende entónces, y causa en nuestros órganos la sensacion que llamamos *calor*; así los habitantes del sol podrán experimentar frios rigorosos.—Sea qualquiera la naturaleza de las manchas solares, su desaparicion sucesiva indica en el sol un movimiento de rotacion sobre su exe en el espacio de 25 dias y cerca de 10 horas.

203 Los planetas son cuerpos esféricos opacos que se mueven al rededor del sol de occidente á oriente en orbitas elípticas, y solo apartadas cerca de 8° del plano de la eclíptica, ó de la orbita terrestre (1). La figura 46 representa el nombre, el signo y la situacion de cada uno de los planetas que componen nuestro sistema. Sus *excentricidades* (2), sus *distancias medias* al

(1) El descubrimiento de los dos nuevos planetas, Ceres y Palas, en los años 1800 y 1802, cuyas orbitas se apartan considerablemente del plano de la eclíptica, ha puesto á los astrónomos en el caso ó de agrandar prodigiosamente el *zodiaco*, ó de quitar esta última condicion de la definicion de un planeta.

(2) *Excentricidad* de un planeta es la distancia del centro de la elipse que describe, al centro del sol situado en uno de los focos. El punto de la elipse donde el planeta está á la mayor distancia del sol, se llama su *perihelia*, y aquel donde está mas distante *afelia*. Ambos pun-

sol (1), las *inclinaciones de sus orbitas* (2), y sus diámetros y volúmenes comparados con el de la tierra, como igualmente su rotacion y achatamiento, se hallarán en las tablas y catálogos que acompañan los libros de astronomía. Bastará aquí poner la siguiente noticia de la duracion de sus *revoluciones siderales*, que son los verdaderos tiempos empleados por un planeta en volver al mismo punto físico del cielo proximamente.

| *Planetas inferiores con respecto á la tierra.* | *Revolucion sideral.* |
|---|---|
| Mercurio ☿ | 87d 23h 15′ 43″,6 |
| Venus ♀ | 224 16 49 10 ,6 |
| La Tierra ♁ | 365 6 9 10 ,6 |
| *Planetas superiores á la tierra.* | |
| Marte ♂ | 686d 23h 30′ 35″,6 |
| Ceres descubierto en 1800 por Piazzi en Palermo | 1681d (con poca certeza) |

ros, que se llaman tambien *apsides*, se hallan á los dos extremos del grande exe de la elipse. En la figura 47 F C es la excentricidad. Si suponemos en S al sol, A S será la afelia del planeta que describe la orbita B A P, y P la perihelia. A y P serán los *apsides*.

(1) La *distancia media* de un planeta se verifica quando este se halla en los dos extremos B y T del exe menor de su elipse. La distancia media es igual á la mitad del grande exe; dada esta distancia se halla la máxima ó afelia, añadiendo la excentricidad; y restándola, la mínima ó perihelia.

(2) Las *inclinaciones de las orbitas planetarias* son los ángulos que forman sus planos con el de la ecliptica, suponiendole prolongado indefinidamente; los puntos en que estas orbitas cortan la ecliptica se llaman *nodos*.

*Planitas superiores á la tierra.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pálas descubierto en 1802 por Olbers en Bremen | | 1703[d] ó 1683.[s] | |
| Júpiter ♃ | 4332[d] | 14[h] 27′ 10″,8 | |
| Saturno ♄ | 10759 | 1[h] 51′ 11″,2 | |
| Urano ó Herschel ♅ | 30689 | 0[h] 29′ 00″ | |

La densidad de los planetas parece que se aumenta á medida que estan mas próximos al sol, cuya circunstancia les pone en disposicion de resistir á la mayor actividad del calor solar. Todos pereceriamos de frio en el globo que habitamos, si con la densidad que ahora tiene se le confinase de repente en las regiones de Saturno, y nuestros mares pasarian en el momento al estado de congelacion; pero si una fuerza contraria nos trasladase cerca de Mercurio, todos los fluidos se disiparian en vapores aeriformes. Tomando la masa del sol por unidad, las masas de los planetas se expresan por los quebrados siguientes:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mercurio | 1/2025810 | Júpiter | 1/1067 |
| Venus | 1/383237 | Saturno | 1/3559 |
| La Tierra | 1/329630 | Urano | 1/19504 |
| Marte | 1/1846082 | | |

El sol debe parecer á los habitantes de Mercurio 6 veces mayor, y á los de Urano 368 veces menor de lo que á nosotros nos parece.

204 Los *satélites* son cuerpos opacos y esféricos, semejantes á los planetas, aunque de menor volúmen; los quales giran al rededor de sus planetas del mismo modo que estos al rededor del sol. Hasta ahora solo se conocen 18 satélites, y no se descubren sino con el auxîlio del telescopio, á excepcion de la *luna*, que está muy próxîma á nosotros (*V. la fig. 46*). Júpiter, el mas brillante de todos los planetas despues de Venus, y el mayor de quantos conocemos (1), va acompañado de 4 satélites que se llaman 1.°, 2.°, 3.° y 4.°, segun el órden de sus distancias al planeta. Saturno reyna sobre un sistema de satélites todavía mas numeroso, pues se cuentan hasta 7, y ademas está rodeado de un anillo singular, que parece se mantiene libremente en los ayres en direccion concéntrica al equador de Saturno, y en una orbita inclinada 50° al plano del de su planeta. Urano ó Herschel, que hace poco mas de

(1) Posteriormente las gazetas inglesas han anunciado que Mr. Olbers acaba de descubrir otro nuevo planeta llamado *Hércules*, á causa de su tamaño. „Su volúmen, añaden, es triple del de Júpiter. Su distancia „del centro de nuestro sistema de 3.047000000 millas inglesas, y con la simple vista parece una estrella „de 6.ª magnitud. El dia 8 de Diciembre de 1803 advirtió Olbers el movimiento de aquel astro; y en 6 de Febrero del presente año de 1804 se convenció de que es un „planeta con 7 satélites, uno de los quales es doble que „nuestro globo. La inclinacion de la orbita de Hércules „sobre el plano de la ecliptica forma un ángulo de 30°, y „el nuevo planeta gastará 211 años en andarla. Qualquiera que dotado de la misma energía de vista que nosotros mirase al sol desde el planeta Hércules, le vería „1260 veces mas pequeño que lo que parece mirado desde nuestro globo."

20 años se conoce, tiene quizá aun mas considerable séquito de satélites; pero su distancia inmensa los hace invisibles con instrumentos ordinarios. Herschel, este feliz observador que tanto ha engrandecido el cielo, tiene ya descubiertos 6 de estos satélites con su célebre telescopio.

205 La *luna* es el satélite de la tierra, porque girando al rededor del globo terrestre, del qual dista unas 86$\frac{m}{n}$ leguas francesas, le acompaña en su revolucion al rededor del sol. Nuestro satélite gasta $27^d\ 7^h\ 43'\ 4''$ en completar de occidente á oriente su revolucion al rededor de la tierra, considerada dicha revolucion con respecto á los puntos equinocciales; pero quando se la compara al sol, que en este intervalo parece adelantarse en el mismo sentido, emplea $29^d\ 12^h\ 44'\ 3''$ en recorrer la circunferencia entera del cielo, *mas* el camino andado por el sol. Tal es la *revolucion sinódica*, ó mes lunar, que comienza en el momento en que la luna se halla directamente entre el sol y la tierra, lo que se llama *estar en conjuncion*; cuyo aspecto está representado en la figura 48 donde S indica el sol, T la tierra, y L la luna. En el tiempo que dura esta revolucion, toma la luna, respecto al sol, todas las situaciones posibles, de las quales resultan los diversos aspectos ó *fases*. Efectivamente nosotros no podemos ver la luna, que es un cuerpo opaco, como todos los planetas, sino en quanto envia de rechazo á la tierra los rayos luminosos que recibe del sol, y para esto es preciso que tenga vuelta hácia nosotros á lo ménos una parte de aquel hemisferio, que hallándose directamente opuesto al sol, será el único iluminado. Así la luna no se nos hace visible hasta que des-

pues de haber pasado del punto L, comienza á volver hácia la tierra una porcion ó segmento de su disco iluminado, el qual se engrandece á medida que ella se aparta del sol para pasar al lado opuesto L''. Entónces hallándose la tierra entre los dos astros, se ve enteramente el hemisferio iluminado de la luna, la qual en este estado parece *llena*, y en oposicion con el sol. La conjuncion y oposicion de la luna con respecto al sol, ó el novilunio y plenilunio, se llaman *syzigias*. Quando la luna dista del sol la quarta parte de la circunferencia, estando en L'' y L''', se halla en *quadraturas*, y no se ve mas que la mitad de su hemisferio iluminado; llámanse estas dos posiciones *primero ó segundo quadrante*, segun que la parte redondeada de su bórde mira al occidente ó al oriente.

206 La explicacion que acabo de dar de las fases de la luna ofrece desde luego una dificultad, cuya solucion nos conduce á decir algo de los *eclipses*. Podria creerse en efecto que quando la luna está en conjuncion con el sol, deberia siempre ocultarnos en todo ó en parte el disco de este astro; y quando está en oposicion, perderse en la sombra que arroja la tierra tras de sí, y hacerse invisible dexando de iluminarla los rayos del sol. En el primer caso habria un *eclipse de sol*, y en el segundo un *eclipse de luna*. Pero aunque estos fenómenos suceden en las circunstancias que acabo de describir, y en ocasiones no una sola vez al año, no se verifican cada novilunio ó plenilunio, porque la orbita descrita por la luna al rededor de la tierra, no está en el mismo plano que la de la tierra al rededor del sol, ántes forman entre sí un ángulo de inclinacion de 5°. 8′. 49″, y

así sucede por lo comun, que en la conjuncion se halla la luna un poco encima ó debaxo del sol, y en la oposicion algo encima ó debaxo de la sombra de la tierra. Sin embargo, como la órbita lunar corta á la eclíptica en los dos puntos que se llaman *nodos* C l, su conjuncion y su oposicion, que pueden suceder en todos los puntos de su orbita, se verifican alguna vez en las inmediaciones de los nodos, y entónces hay *eclipse* de sol ó de luna. Para que se comprehenda mejor esta particularidad, va unida con la fig. 48, que representa en *plano sin leyes de perspectiva* las órbitas de la tierra y de la luna, la fig. 49, que manifiesta el *corte ó perfil* segun la línea S T. Esta línea S T representa el plano de la eclíptica, y L L′ el de la órbita lunar. Con solo mirar la figura se conoce sin mas explicacion quando puede ó no haber éclipse; pero el detalle de estas circunstancias y el cálculo de estos eclipses pertenecen á la astronomía, y en la geografía no se debe hablar de tan complicada materia, sino para manifestar, como lo haré en la leccion siguiente, qué uso puede hacerse de la observacion de estos fenómenos para fixar la longitud de un pueblo de la tierra.

207 La luna gira sobre su exe exâctamente en el tiempo que hace la revolucion en rededor de la tierra; de modo que en una rotacion extremamente lenta, no se vuelve mas que lo preciso para dirigir siempre el mismo hemisferio hácia la tierra. No obstante, como su órbita está sujeta á varias irregularidades, se ve algunas veces parte del otro hemisferio, cuyo fenómeno se llama *libracion*. La luna no tiene atmósfera; ó si la tiene, es infinitamente mas ligera y transparente que la nuestra; de lo que se deduce que no

puede haber en la superficie de este satélite ni mares ni rios; pues las *manchas* (1) ó variaciones de luz y de sombra que se ven sobre ella, aun sin anteojo, no indican mares ó continentes, sino valles y montañas, cuya altura han calculado ya los astrónomos, y resulta ser mas elevadas que las mayores de nuestro planeta. Se descubren tambien abismos, que sin duda se parecen al fondo ó receptáculo de nuestros mares si se quedase en seco: tambien se ha creido ver un volcan; y en general la superficie de la luna, vista con telescopio, presenta la idea de un trastorno total. Su luz no va acompañada de calor, aun quando se reconcentren sus rayos en un espacio 306 veces menor que en su estado natural, y por otra parte es 300000 veces mas débil que la del sol, segun las experiencias de los físicos.

208 Pertenecen tambien á nuestro sistema planetario, á mas de los planetas y satélites, los *cometas* (68), cuerpos acerca de cuyo movimiento, si queremos hablar de buena fe, sabemos muy poco, y absolutamente nada sobre su naturaleza. Lo único que la observacion nos asegura, se reduce á que son unos cuerpos esféricos, opacos é iluminados por el sol, que aparecen de tiempo en tiempo en los espacios celestes, que las mas veces son muy pequeños, y que la luz

(1) Gran parte de estas manchas llevan el nombre de los principales y mas esclarecidos astrónomos. No podia dárseles mejor nomenclatura, ni consagrarse con mas durable monumento la memoria de los héroes de nuestra ciencia. Es muy curioso conocer todas estas manchas y distinguirlas, lo que se consigue estudiando primero un *globo lunar* bien delineado, tal como el hermoso de Roussel, que posee la clase de geografía del Seminario de Nobles, y despues dedicándose con constancia á observar la luna con un telescopio por espacio de muchas noches.

que arrojan es bastante débil para que nos permita verlos sin instrumentos. La parte aparentemente sólida de los cometas va acompañada casi siempre de una atmósfera gruesa y muy extensa. Una especie de cola luminosa indica sus pasos ó huellas en el cielo, tanto mas larga quanto el cometa se acerca mas al sol; lo qual parece ser una prueba de que la cola consiste en una parte de la atmósfera propia del mismo cometa, muy enrarecida por el sol, é iluminada por los rayos solares. Alguna vez esta cola toma la forma de cabellera ó barba, y en 1744 iba acompañado un cometa de una luz en figura de abanico. Las colas de los cometas se componen de materia tan sutil, que al traves de ellas se ven las estrellas fixas, y en su extension á veces han parecido ocupar el tercio ó la mitad del cielo. Ha habido cometas sin cola, y aun algunos, cuyo brillo se asemejaba al de los planetas; pero en general su luz es mas débil, ó por mejor decir mas vaga, mas esparcida, y como ahogada en su atmósfera nebulosa. El movimiento real de los cometas es muy diferente del de los planetas, pues describen elipses infinitamente prolongadas, de suerte que hácia su perihelia parece que tocan al sol, y en su afelia deben hallarse á distancias inmensas, mas allá de la orbita de todos los planetas. La inclinacion de las orbitas de los cometas varía hasta lo infinito; pues las de algunos son casi perpendiculares á la eclíptica. Muchos se mueven de oriente á occidente en sentido contrario al movimiento de todos los planetas. Aunque el número de estos cuerpos observados exâctamente, no pasa de 91, sin duda existen muchos centenares, y acaso muchos miles; pero nosotros

no los vemos hasta que llegan mas cerca de la tierra que la orbita de Júpiter; y aun entre aquellos, cuya perihelia cae dentro de este límite, puede haber algunos que nos sean imperceptibles á causa de la debilidad de su luz. Los astrónomos han profetizado con feliz éxito, por medio del cálculo parabólico, el retorno y período de un cometa que se vió en 1759, y que aparecerá de nuevo en 1834. Este hecho único prueba que hay cometas, cuya naturaleza es muy semejante á la de los planetas, y que se mueven regularmente en elipses al rededor del sol; pero quedan aun muchas dudas que resolver sobre la naturaleza de los cometas en general, y sobre la posibilidad de pronosticar sus períodos, á pesar de los laudables esfuerzos de algunos astrónomos de nuestros dias, que observando y calculando han dado mucha luz á esta materia, acaso la mas interesante de la física celeste.

209 En otro tiempo los cometas pasaban por prodigios ó señales con que la Providencia divina advertia á los hombres que estaba próximo el castigo de sus crímenes, ó como indicios de desastres y calamidades públicas, y todo el mundo temblaba á la vista de estos fenómenos. La opinion que considera á los cometas en general, como sometidos á las mismas leyes mecánicas que los otros cuerpos celestes, ha tenido el mérito esencial de disipar estos miedos supersticiosos, y á lo ménos inútiles. Sin embargo, aun despues de tales progresos de la ciencia astronómica, todavía Maupertuis alarmó á la Europa queriendo probar que un cometa podia acercarse á la tierra tanto que causase en ella destrozos espantosos, ya por choque directo, y ya por una

atraccion muy fuerte (1); pero Dionisio de Sejour publicó en 1775 otra obra que acabó de quitar estos temores; pues demostró en ella, entre otras cosas, que la velocidad de que estan animados los cuerpos celestes es tal, que nunca puede un cometa estar mas de $2^h$ $13'$ $2''$ en distancia de la tierra menor de 13250 leguas; en cuya proximidad era preciso que estuviera $10^h$ de tiempo para producir una marea ó elevacion de las aguas del mar, quizá de 4666 varas. A pesar de todo, posibilidades infinitamente pequeñas en la vida de un hombre, y aun en un siglo, ¿no pueden acumularse en infinita serie de edades, y llegar á ser fuertes probabilidades? y este inmenso monton de ruinas que forma la superficie de nuestro globo, y que indica una revolucion repentina y violenta, ¿no podrá ser efecto de los movimientos singulares y poco conocidos de los cometas?

210 De todo lo dicho resulta que el *sistema solar ó planetario* se compone de un vasto cuerpo luminoso, colocado en su centro, que es el sol; de 9 planetas, que en la misma direccion, y en orbitas casi circulares, giran en torno del centro comun; de 18 satélites, que se mueven al rededor de los planetas, y de mas de 90 cometas, que en grandes elipses se mueven en torno del sol, y cruzan la esfera del sistema en todas direcciones. De los cuerpos que componen el sistema solar, sin hablar de la tierra, tres son conocidos de todos, á saber, el sol, la luna y Venus; el sol y la luna, por ser dos luminares gran-

(1) *Lettre sur la comete qui paroissoit en 1742*, con el lema *Tu ne quæseris, scire nefas.*

dioses que presiden al dia y á la noche, y *Venus* por ser un planeta muy brillante que aparece ántes de salir el sol ó despues de ponerse, y se llama vulgarmente la *estrella de la mañana y de la tarde*. Pero este sistema planetario parece no ser mas que una provincia pequeña del imperio fundado por la Omnipotencia, cuyos límites ni aun se atreve á imaginar nuestro pensamiento. Tantos astros luminosos que por todas partes se presentan con magnificencia á la vista del hombre, cuyos rayos infatigables atraviesan la inmensidad del espacio, y cuyas posiciones respectivas nada ó muy poco han variado en el curso de 30 siglos, son sin duda otros tantos soles rodeados de sus planetas; y entre estos sistemas innumerables de mundos, el sistema que gobierna y anima nuestro sol, es quizá uno de los mas pequeños, ó mas bien no se puede considerar sino como un punto poco considerable del universo; punto que si fuese visto desde el lugar donde estan las estrellas, no ocuparia mas que una extension de 10 á 12″ de grado en el *cielo* (1).

(1) Los que no han estudiado la naturaleza de los astros llaman *cielo* á aquel espacio inmenso en que los ven, y se lo representan como una bóveda en que estan clavados. Así lo pensáron tambien los antiguos observadores poco instruidos en la física (15). Pero todo esto es una apariencia; el *cielo* es nada, es una ilusion promovida por la imperfeccion de nuestra vista, y la demasiada curiosidad de nuestro espíritu; el sol, los planetas y las estrellas fixas, en suma, todos los astros no estan agarrados á cuerpo alguno, sino que se mantienen en su lugar, se mueven ó estan quietos, segun las leyes primitivas que el Autor de la naturaleza les imprimió. Por otra parte el espacio en que estan los astros, de sí no tiene color alguno, y por lo mismo debia parecernos negro; si nos parece azul es porque le vemos al través del ayre que rodea la superficie de la tierra, el qual es azul. El físico Desausure asegura que á una legua de tierra el cielo parece negro.

211 Si las estrellas fixas nos parecen tan pequeñas, es porque se hallan á distancias infinitas; pues las mas próximas, por exemplo, *Syrio*, estan, segun conjeturan los astrónomos, 206000 veces mas léjos que el sol; y como este astro dista de nosotros cerca de 35 millones de leguas francesas, se sigue que la menor distancia de las estrellas á la tierra es de 7.210,000.000.000 de estas leguas; con cuyo dato podremos formarnos alguna idea de su volúmen ó corpulencia. Porque si suponiendo al sol distante de la tierra 4000 vedes mas de lo que está, apénas sería visible en el cielo, ¿quán inmenso volúmen deben tener las estrellas que llamamos de *primera magnitud*, las quales despiden tan copiosa y brillante luz, á pesar de que no son acaso las mas grandes, sino las que nos parecen tales por su menor distancia (1), á pesar de que no tienen disco ni diámetro sensible, y que su masa, vista con los mejores instrumentos, no es mas que un pequeño punto luminoso, cuya extension en el cielo no pasa de $\frac{1}{2}''$ de grado, miéntras el sol ocupa 1920″ ó 32′? Se puede inferir que la estrella mas pequeña, á lo ménos es un millon de veces mas corpulenta que el sol, cuyo astro (24) es 1400000 veces mas voluminoso que la tierra.

212 Las estrellas fixas siempre conservan las mismas distancias entre sí, á lo ménos sensiblemente; y como esta inmobilidad sirve de punto

(1) Aunque los astrónomos clasifican las estrellas por razon de su tamaño, llamándolas de 1.ª, 2.ª ó 3.ª &c., hasta 9.ª y 10.ª magnitud, segun parecen mas ó menos brillantes y abultadas, esto no prueba que efectivamente sean las mayores las que ellos intitulan de 1.ª magnitud, sino que parecen tales, lo qual puede ser efecto de que su proximidad á la tierra sea mayor que la de las otras.

de apoyo y de comparacion para referir el curso de los astros, por eso los astrónomos de todos tiempos se han aplicado á conocer y determinar las situaciones respectivas de las estrellas, á hacer catálogos de ellas, y á señalarlas con nombres particulares; y para facilitar esta nomenclatura en tan considerable número de astros luminosos, las han clasificado en diferentes *constelaciones*. Llámanse así, como lo dice el nombre, ciertas reuniones arbitrarias de estrellas que parecen próximas unas á otras, y que forman una especie de figura. El catálogo de las que conocieron los antiguos, no encerraba mas que *1022* estrellas, distribuidas por los griegos en *48* constelaciones, 12 en el *zodiaco*, 23 al N y 13 al S; pero los astrónomos modernos han aumentado 13 constelaciones en el hemisferio boreal, y 31 en el austral, y saben ya que es prodigioso el número de las estrellas. Lalande ha publicado en estos últimos años el catálogo de las posiciones de 50000. El infatigable Lacaille observó de nuevo, y dió tablas de mas de 10000 en el hemisferio austral. Herschel dice que en un espacio celeste de solos 15 grados contó mas de 50000; y como su observacion no pudo hacerse mas que en la parte del cielo visible sobre nuestro hemisferio, y no comprehende por otra parte mas que cerca de la 24.ª parte del espacio, sin contar las estrellas que debiéron escaparse de sus observaciones, hechas con un telescopio de 20 pies, ni los grupos de las situadas mas allá del espacio que abraza nuestra vista, no puede dudarse que deben existir millones de estos globos inmensos, y segun la hipótesi de Lalande hay á lo ménos 75 millones en todo el cielo. Tampoco

tiene duda que las estrellas despiden luz propia, pues hallándose á tan grandes distancias de nosotros, no podriamos verlas si hubieran de recibirla del sol; el *centelleo* que las acompaña manifiesta tambien que ni su luz es prestada, ni ellas cuerpos opacos.

223 ¿Pero quál es la causa que mantiene estables y fixas las estrellas en determinados puntos del cielo, y hace mover los planetas en rededor del sol? ¿Por qué los astros no caen perpendicularmente sobre la tierra, como caen todos los cuerpos que se dexan en libertad, por exemplo, la piedra que se larga de la mano, ó la manzana que se despide de un árbol? Tales son las dudas que se ofrecen desde luego al que empieza á estudiar la astronomía; dudas á que era tan difícil contestar victoriosamente, ántes que el inmortal Newton rasgase el velo con que estaban cubiertas las inclinaciones de la naturaleza (1).

(1) Isaac Newton, este talento prodigioso, cuyo nombre es su mayor panegírico, nació en la provincia de Lincoln en Inglaterra, año de 1642, el mismo en que murió Galileo. En 1687 publicó el libro *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, siendo Catedrático de Cambridge, en el qual inmortalizó su fama dando á luz el descubrimiento de la ley de la atraccion, y explicando por ella felizmente el camino de los cometas, la causa de las desigualdades de la luna, de los movimientos de los apsides y de los nodos, del fluxo y refluxo del mar &c. Inventó tambien el telescopio y los instrumentos de reflexion (58). Murió en 1727 á la edad avanzada de 85 años. Nada puede decirse en su elogio que sea comparable con estos dos versos de Pope.

*Nature and nature's laws lay hid in night*
*God said: set Newton be, and all was light.*

*La naturaleza y sus leyes estaban escondidas en el seno de la noche: Dios dixo que Newton sea, y apareció la luz.*

Sobre su sepulcro, que se colocó en la Abadía de Westminster, se puso el siguiente epitafio latino: *Sibi*

como hoy es sencillo disolverlas, bastando indicar la causa del fenómeno para producir una entera conviccion (1).

214 Todos los cuerpos de que se compone el mundo son meros agregados de menudísimas partes de materia, dotadas de una fuerza igualmente difundida en todas direcciones, y que propende constantemente á aproximarlos y unirlos entre sí. Esta fuerza, llamada *atraccion*, es siempre proporcional á la cantidad de materia que contienen los cuerpos ó á su masa, y disminuye constantemente en la misma proporcion en que crece el quadrado de la distancia de los mismos cuerpos. El alcance de la atraccion de qualquiera cuerpo

*gratulentur mortales tale tantumque extitisse humani géneris decus.* Fué expuesto á la vista del público el cadáver del grande hombre que ya no existia, y que debia para siempre honrar su patria. El gran Canciller y otros cinco Pares de Inglaterra llevaron el paño del ataud. Newton fué tan singular por el caracter de su talento, como por sus descubrimientos sublimes; tenia una alma tranquila sin perder nada de su actividad; era tan sencillo como la naturaleza á quien arrancaba los secretos; y esta sencillez, y la rara modestia que le distinguió, nacian de su misma superioridad. Despreciando la gloria, esta le siguió incesantemente, y queda y quedara por siempre al lado de sus cenizas y de su sombra. Enemigo eterno de disputas y rencillas literarias, adquirió la paz y la tranquilidad de la vida con su dichosa indiferencia, y sobre todo con la virtud, que es el primero y mas seguro medio de conseguirla. „Si fuese cierta la opinion de Platon, di„ce Bailly, á saber, que existe en la naturaleza una es„cala de seres y substancias inteligentes hasta el Ser su„premo, al defender la especie humana sus derechos po„dria presentar muchos hombres grandes; pero Newton, „acompañado de sus verdades puras, mostraria el grado „mas alto de la fuerza del talento humano, y solo el bas„tara para señalarle su verdadero lugar en esta escala "

(1) He tomado la siguiente explicacion sencilla de las leyes de la *atraccion* de los principios de Astronomía que puso al frente de sus *Elementos de Agricultura* el Portugues Don Diego Cayallo y Sampayo.

se llama *fuerza atractiva*, *esfera de atraccion*, ó *simplemente atraccion*.

215 Sean A y B (*fig.* 50) dos globos que contengan la misma cantidad de materia, y C D E B, F A G H las circunferencias de las esferas de su atraccion. Si estos dos globos se soltasen de los puntos A y B, caerian necesariamente uno sobre otro, y se juntarian en el punto I, igualmente distante de ámbos, y en donde coincide con la misma actividad su recíproca atraccion. La gravedad ó peso de los cuerpos es un mero efecto de la fuerza atractiva, y á este efecto se atribuye comunmente la caida de los mismos cuerpos. Sea A (*fig.* 51) un globo que contenga mil pies cúbicos de materia; B otro globo que contenga solamente un pie cúbico de la misma materia, y C D E B, F G H I las circunferencias de las esferas de su atraccion. Si estos dos globos se soltasen de los puntos A y B, el globo A quedaria como inmóvil, y el globo B caeria sobre él con gran velocidad; porque siendo la fuerza atractiva siempre proporcionada á la masa de los cuerpos, debe el globo A atraer al B con fuerza mil veces mayor que la de B respecto á la de A. Y este es el caso de todos los cuerpos dexados en libertad que se ven caer sobre la faz de la tierra, los quales siendo pequeños átomos comparados con la masa de nuestro globo, ceden sin la menor resistencia á la fuerza atractiva, y caen sobre él con prodigiosa velocidad.

216 Como la fuerza atractiva disminuye á proporcion que crece el quadrado de la distancia de los cuerpos, se sigue que á una distancia dada debe esta fuerza aniquilarse. Sean A y B (*fig.* 52) dos globos que contengan la misma can-

tidad de materia, por exemplo, 100 pies cúbicos, y C D E o, F o G H las circunferencias de las esferas de su atraccion. Supónganse los radios A o y B o divididos en 10 partes iguales, y supóngase que la fuerza de atraccion en el centro de los globos A y B es igual á 100. Entónces en 2 será igual á 81, en 3 á 64, en 4 á 49, en 5 á 36, en 6 á 25, en 7 á 16, en 8 á 9, en 9 á 4, en 10 á 1, y en o á nada; y allí se hallará totalmente extinguida la fuerza de la atraccion de los dos globos A y B. Si estos dos globos se largasen en el espacio libre, esto es, en un lugar que no esté sujeto á ninguna atraccion, en este caso quedarian suspensos en puntos fixos y determinados, y no se moverian hácia ninguna parte; porque siendo la caida de los cuerpos un efecto de su pesadez ó gravedad, y siendo la gravedad ó pesadez un efecto de la atraccion, en qualquiera parte que esta se halle aniquilada debe ser su efecto absolutamente nulo. Tal es el caso del sol y de todas las estrellas fixas, cuyos cuerpos, hallándose en inmensas distancias unos de otros, no estan sujetos á la fuerza de su recíproca atraccion, la qual por el efecto de la misma distancia se halla enteramente destruida y sin influxo.

217 Conocida la causa del reposo de las estrellas fixas y del sol, fácilmente se da razon de la que produce el movimiento constante de los planetas en torno de este centro luminoso, como igualmente de la que producirá el movimiento de otros planetas al rededor de las estrellas fixas, suponiendo que estas sean otros tantos soles ó centros de sus respectivos sistemas, y que en la esfera de su atraccion suceda lo mismo que en la del sol. —Toda suerte de materia es del mismo mo-

do indiferente al reposo ó al movimiento. Si un cuerpo qualquiera se dexa caer sin impulso en el libre espacio, quedará inmóvil sin inclinarse á ninguna parte: en el libre espacio no hay atraccion; sin atraccion no hay gravedad ó pesadez, y sin gravedad ó pesadez no hay caida ó movimiento. Si en el mismo libre espacio se impele al supuesto cuerpo, describirá una línea recta hasta encontrar alguna causa que le desvie de esta direccion, ó que le prive enteramente de todo movimiento; y esta causa no puede ser otra sino el entrar perpendicularmente, ó con mas ó ménos obliqüidad en la esfera de atraccion de qualquiera cuerpo que contenga mayor cantidad de materia.

218 Sea el cuerpo A (*fig. 53*) un globo que contenga mil pies cúbicos de materia, y B C D E la circunferencia de su atraccion, y sea F un globo que contenga solamente un pie cúbico de la misma materia, suspenso en el libre espacio. Si se impele al globo F hácia A, describirá una recta hasta C, y entrando allí perpendicularmente en la esfera de atraccion del cuerpo A, caerá directamente sobre él, porque coincidiendo en la misma línea F A las dos fuerzas de impulso y atraccion, precisamente ha de resultar este efecto, y el cuerpo F perderá su movimiento en tocando la superficie del cuerpo A. Sea tambien el cuerpo G un globo igual á F, y supóngase que del libre espacio en que se halla se le da el impulso hácia B; entónces describirá una recta hasta B, y encontrando allí la esfera de atraccion de A, donde entra obliquamente, no seguirá la recta de atraccion B A, ó la del impulso B H, sino que tomará la direccion de la curva B I, que necesariamente debe describir; porque la obliqua

combinacion de dos fuerzas de impulso y atraccion, produce siempre un movimiento quasi uniforme en una elipse mas ó ménos semejante al perfecto círculo. Del punto I deberia el cuerpo G caer perpendicularmente sobre el globo A, ó escaparse por la tangente I L, si la fuerza de impulso, combinada con la de la atraccion, no le llevase á D. La misma combinacion de las dos fuerzas produce iguales efectos en los puntos D y M, y hace volver el cuerpo G al punto B. Establecido así el movimiento circular ó casi circular al rededor del cuerpo A, debe continuarse la misma regularidad; porque equilibradas de una vez estas dos fuerzas, el impulso ó proyeccion del cuerpo G impide siempre que cayga en el centro A por las líneas B A, I A, D A, M A; y la atraccion del cuerpo A embaraza constantemente que el cuerpo G escape por las tangentes B H, I L, D N, M O. Quando el movimiento circular ó casi circular se halla establecido al rededor de un centro, se llama *fuerza centrípeta* la atraccion, y *centrífuga* el impulso ó proyeccion. Tales son las causas físicas ó las leyes generales que sirven de fundamento á la inalterable armonía del universo, y de las quales particularmente dependen la belleza del mundo, y el maravilloso órden del sistema solar.

219 Para conocer en poco tiempo, y aun sin el auxîlio de maestro, las *constelaciones* y estrellas mas interesantes en algunas observaciones geográficas, el método mas sencillo es el de los *alineamientos*, del que paso á dar noticia, aconsejando á los principiantes que acompañen su lectura con el manejo de un *globo celeste artifi-*

*cial*, ó con una buena carta celeste (*V. la lám. 4.ª*), y sobre todo con la observacion detenida del cielo por espacio de algunas noches serenas. Ya dixe en otra parte (*5*), como por medio de la *Osa mayor* se puede conocer la *estrella Polar*; pero todavía se conseguirá lo mismo por otro camino. En el lado opuesto al polo del Norte, respecto de la situacion de la Osa mayor, hay una constelacion muy distinguida que se llama *Casiopea*. La hacen sobre todo notable cinco estrellas principales que forman una especie de letra Σ irregular; se parece tambien á una silla echada á tierra, y aun quando estas señales parezcan equívocas, se la conocerá fácilmente, porque sus estrellas son muchas de segunda magnitud. La *Polar* está, pues, entre estas dos constelaciones, casi aislada, y con bastante exâctitud èntre la primera estrella de la cola de la Osa, y la del pecho de Casiopea, que es la mas distante ó la mas *Sur* de este grupo.

220 Si de la estrella Polar se tira una línea recta que pase entre aquella de las dos estrellas de la Osa menor, mas distantes de la cola, ó entre aquella de las *guardias*, que mira á la Osa mayor, y la » ó extremo de la cola de esta, su prolongacion irá á encontrar una estrella hermosa y de primera magnitud que se llama *Arcturo*, correspondiente á la constelacion del *Bueyero*, y la principal de ella. Su lugar en el cielo está ademas bien indicado, por hallarse al remate de un rastro de estrellas en forma de arco de círculo que siguen á las que forman la espalda y la cola de la *Osa mayor*, y por estar á poca distancia de esta misma cola. Arcturo podrá dar á conocer la *Lyra*, que siendo una estrella de pri-

mera magnitud, y de las mas brillantes del cielo, forma con *Arcturo* y la estrella Polar un triángulo rectángulo, cuyo ángulo recto está hácia oriente en la misma *Lyra*. Es ademas muy fácil de reconocer esta estrella por otras dos pequeñas inmediatas, con quienes forma un triángulo equilátero. —Si por la estrella del Norte y por la segunda de la cola, ó ζ de la Osa mayor, se tira un arco, pasará por la *Espiga de la Virgen*, estrella de primera magnitud situada en el hemisferio austral, y perteneciente á la constelacion de Virgo.

221 Apartando uno la vista de *Casiopea* hácia el lado opuesto á la estrella del Norte, hallará la constelacion de *Andrómeda*, notable por tres estrellas principales que están casi en línea recta. La mas distante del polo, y que corresponde á la cabeza de Andrómeda forma un gran rectángulo con otras tres que pertenecen á la constelacion de *Pegaso*. —Empezando desde el polo se hallan de seguida 4 estrellas que indican con muy poca diferencia en nuestros dias la direccion de aquel meridiano ó círculo de declinacion (70), desde donde se cuenta la *ascension recta* de los astros (170), y son la *Polar*, *el asiento de Casiopea*, *la cabeza de Andrómeda*, *y el remate de la ala de Pegaso*, llamada *Algenib* por los árabes.

222 El *Toro*, una de las constelaciones zodiacales, se distingue muy fácilmente por un grupo que contiene de pequeñas estrellas llamadas *Pleyades*, ó vulgarmente *Pollera*, cerca de las quales está *Aldebarán*, estrella de primera magnitud, muy distinguida por su color roxo y brillante, en el ojo del mismo Toro. —Mas al S. E.

aparece la constelacion de *Orion*, difícil de equivocarse, porque consta principalmente de un gran quadriláteró, y en medio de él tres estrellas muy próximas en línea recta, que forman la faxa ó cinturon de Orion, y todo el mundo conoce con el nombre de *tres Reyes*. En el pie de Orion hay una estrella de primera magnitud llamada *Rigel*, y es tambien de igual tamaño la que se halla en su espalda.

223 Una línea recta, conducida por *Aldebarán* y por la *cintura de Orion* ó *tres Reyes*, va á parar á *Sirio*, la estrella mas hermosa del cielo, y que fixando la atencion por el brillo y vibracion de su luz, se halla hácia el oriente y al S. E. de Orion en la boca del *Can mayor*, constelacion del hemisferio austral. — Al N. de *Sirio*, y mas oriental que Orion, cae la constelacion del *Can menor*, donde una estrella de primera magnitud llamada *Procyon*, forma con Sirio y con el cinturon de Orion un triángulo casi equilátero.

224 En la constelacion de *Aries*, la primera de las zodiacales, son muy notables dos estrellas que hay en sus dos cuernos, y en la inmediacion de una de estas, otras tres mas chicas que forman un triángulo isósceles; la mas occidental de las dos primeras, va acompañada de una estrella menor nombrada $\gamma$ ó la primera de Aries. Puede tambien reconocerse esta constelacion por medio de una línea que tirada por *Procyon* y *Aldebarán*, se dirige hácia ella.

225 En medio del espacio que divide á Orion de la Osa mayor estan las dos cabezas de los *Gemelos*, señaladas por dos estrellas de segunda magnitud bastante próximas. — Una línea con-

ducida por los Gemelos y por la estrella Polar va á encontrar de la otra parte y á la misma distancia de esta, al *Cisne*, constelacion muy notable, porque sus cinco estrellas principales forman una especie de cruz grande, siendo una de ellas de segunda magnitud. —Entre el polo ártico y Orion se halla la *Cabra*, estrella de primera magnitud, perteneciente á la constelacion del *Carretero*. —El *Aguila* es otra constelacion muy fácil de conocer por una estrella de segunda magnitud, que corresponde al Sur de la Lyra y del Cisne, y está situada entre otras dos de tercera, muy próximas, que forman con ella una línea recta. —La *Corona septentrional* es muy fácil tambien de conocer, aunque constelacion pequeña, porque se compone de siete estrellas en forma de semicírculo, cerca de Arcturo.

226 Es tambien muy notable en el hemisferio austral, parte la mas brillante y hermosa del cielo, la constelacion del *Escorpion*, que consta principalmente de quatro estrellas dirigidas de N. á S. en figura de arco, y de una estrella mas oriental de primera magnitud, y que es como el centro del arco, llamada *Antares*, ó el *corazon del Escorpion*. Puede conocerse esta constelacion, tirando una línea recta por *Régulo* y la *Espiga de la Virgen*, que siguiendo á corta diferencia la eclíptica, la encuentra hácia el oriente. —La estrella *Régulo*, ó el *corazon de Leon*, se hallará en el alineamiento de una de las *guardias* de la *Osa menor*, y del medio del *quadrado* de la *Osa mayor*. Importa mucho conocer las quatro estrellas de primera magnitud que estan cerca de la eclíptica, *Aldebarán*, *Régulo*, la *Espiga* y *Antares*, para distinguir fácilmente los

planetas; pues no habiendo en las doce constelaciones del zodiaco mas que estas quatro estrellas de primera magnitud, en conociendo su situacion, se distingue luego uno de los seis planetas, de una estrella fixa, quando se ve un astro parecido á estas en su brillo, aunque con luz mas tranquila, en las cercanías de la eclíptica, sin ser ninguna de las quatro estrellas dichas. — Una línea tirada desde la espalda de la Osa menor por la estrella Polar, pasará por la *clara de Perseo* y por la *quixada de la Ballena.*

227 Daré finalmente el modo de distinguir el polo boreal de la eclíptica, uno de los puntos mas interesantes del cielo. Está situado en la línea tirada por las estrellas $\gamma$ y $\delta$ de la Osa mayor, y forma un triángulo rectángulo isósceles con la estrella Polar y la $\beta$ de la Osa menor, que es la mas próxîma á la Polar de las dos últimas estrellas de esta constelacion, y en la que está el vértice del ángulo recto. El mismo polo forma tambien un triángulo casi equilátero con la Lyra y $\alpha$ del Cisne.

228 Estas señales, advierte el Señor Mendoza, pueden extenderse á todo el cielo estrellado; pero lo dicho basta para manifestar el modo de conocer algunas constelaciones ó estrellas, y por su medio sucesivamente las demas. Las enfilaciones de unas ú otras pueden servir para ir recorriendo toda la bóveda celeste, y el mismo observador podrá inventar las que le acomoden para volver á hallar las estrellas que haya una vez reconocido por medio de las cartas ó el globo. Convendrá tambien para facilitar esto mas, que se acostumbre á imaginar las figuras de las constelaciones, trazadas en el cielo como estan

en los globos ó cartas; pues aunque tales figuras sean arbitrarias, y no tengan casi relacion alguna con la configuracion que efectivamente presentan en el cielo los grupos de estrellas, sin embargo el hábito de hacer con prontitud estas referencias, es necesario para entender los nombres empleados en los libros de astronomía, y hacer uso de las observaciones.

229 Sería entrar en un laberinto el querer dar razon de los nombres que desde la mas remota antigüedad llevan la mayor parte de las constelaciones; ¿y qué podria decirse de nuevo despues de las ingeniosas y profundas conjeturas de Dupuis? Ademas, tal investigacion mas propia es de un erudito que de un cosmógrafo. Diré sin embargo, que muchos de estos nombres estaban indicados por la misma posicion ó figura de las constelaciones, como el *triángulo* ó *delta*, cuyas estrellas forman efectivamente un triángulo; las *Pleyades* ó la *Pollera*, donde estan amontonadas como los pollos al rededor de la clueca; los *Gemelos*, donde estan dos estrellas de igual tamaño, una enfrente de otra, á manera de dos hermanos; y la *Corona meridional*, que es perfectamente redonda. Aunque la Osa mayor no se parece en nada á una Osa; sin embargo, pueblos amigos de la analogía creian ver en esta constelacion la figura de un animal qualquiera con su cola: la Osa menor recibió el mismo nombre porque está del mismo modo configurada; y ámbas fuéron tambien llamadas *Carro*, porque se parecen bastante á un carro, y ruedan ó giran sensiblemente al rededor del polo. Otras estrellas poco distantes tomáron el nombre de *Bueyero* ó conductor del carro, y el grupo de las

que rodean á las dos Osas, separándolas, se llamó *Serpiente* ó *Dragon.*

230 Algunas otras constelaciones, especialmente las que se hallan en la eclíptica, tomáron su nombre de la relacion que tiene el tiempo en que el sol se halla aparentemente enfrente de ellas, con los trabajos del campo, ó con otros sucesos de la naturaleza en el hemisferio boreal. Así *Libra* ó la *Balanza* se halla en la época del año en que los dias son iguales con las noches. *Cáncer*, en donde el sol parece que camina como el cangrejo volviéndose hácia atras; y *Capricornio*, donde el sol, subiendo de nuevo por la eclíptica, se asemeja á la cabra que trepa. Se puede tambien observar que *Aquario* vierte su cántaro en el cielo en el mes que las lluvias inundan las campiñas, y el *Escorpion* arroja su veneno en la estacion de las enfermedades. Igual observacion se podia hacer sobre todas las demas constelaciones zodiacales. — La analogía conduxo despues á los antiguos observadores á agrupar cierto número de estrellas inmediatas, dándoles figuras relativas á las de aquellas que tenian ya nombre. Vemos, por exemplo, en la region sublime del polo un Rey (Cefeo), una Reyna (Casiopea), una Princesa (Andrómeda), y un guerrero, yerno futuro del Rey (Perseo); en suma toda una corte. —En tiempos en que no habia mas género de escritura que el *geroglífico* ó figurado, se compusiéron *globos* que representaban al cielo y á las constelaciones con las diferentes figuras de los personages cuyos nombres llevaban; y este fué un paso para llegar á todas las extravagancias de la mitologia; porque como los depositarios de la ciencia as-

tronómica se explicaban de un modo enfático, y el pueblo ignorante entendia que realmente habian exîstido aquellos personages ó seres figurados, se transformó toda esta reunion de *asterismos ó constelaciones* en una porcion de dioses, semidioses, guerreros, reyes, animales &c.: se dió á las figuras accion, vida y objeto, y se representáron sus efectos y sus relaciones como sucesos reales. Debióse sobre toda esta monstruosa alteracion á los griegos, los quales dotados de imaginacion muy exâltada, y muy poco instruidos en la astronomía, confundiéron bien pronto, y llenáron de embrollos los almanakes de la Etiopia, Egipto y Caldea, donde nuestra ciencia ó nació ó recibió desde antiguo favorable acogimiento (1).

231 Quando se quiera conocer una estrella particular podrá lograrse aun sin recurrir á exâminar el estado del cielo, por otro método muy fácil, y es este. Con la ascension recta y declinacion de la estrella, deducidas de los catálogos astronómicos, calcúlese 1.° la hora de su paso por el meridiano, por el método que enseñan las efemérides (2); y 2.° su altura entonces por la tri-

(1) Los astrónomos modernos han dado por lo comun á las nuevas constelaciones los nombres de los instrûmentos mas útiles de las artes y de las ciencias naturales.

(2) Este método es el siguiente. Réstese la ascension recta del sol en tiempo á mediodia, de la ascension recta de la estrella, tambien convertida en tiempo, añadiendo á esta, si fuese menester, 24 horas. El residuo será el tiempo del paso de la estrella por el meridiano próximamente. Hállese despues el aumento proporcional de la ascension recta del sol correspondiente á este tiempo, y este incremento quítese del residuo ó de la diferencia de ascensiones rectas que ántes se encontró. Lo que resulta es el tiempo corregido del paso de la estrella por el meridiano en el dia supuesto.

gonometría esférica. Diríjase un quarto de círculo segun la meridiana del lugar, y poniéndolo en la altura calculada, el mismo instrumento indicará la estrella que se busca; pues se la verá parécer al extremo de su radio ó índice á la hora hallada del paso por el meridiano. Un quarto de círculo de madera, tal como el descrito en los §§. 31 y 32, basta para tales usos, y si no podrá servir el mismo sextante.

232 Para saber si en cierto dia del año será ó no visible alguna estrella, por exemplo, Sirio en el horizonte de Madrid, calcúlese para aquel dia la hora de su orto y ocaso (*180*), despues de hallada la de su paso por el meridiano, con lo que se sabrá qué horas serán las que permanece sobre el horizonte; y segun pertenezcan á las del dia, á las de los crepúsculos, ó á las de la noche, la estrella será ó no invisible, y tanto mas ó ménos tiempo invisible. Para esto es menester ademas averiguar á qué hora sale y se pone el sol en aquel dia.

233 Observando el paso de la estrella Polar por el meridiano, se puede trazar tambien con mucha exâctitud la *línea meridiana*. La hora de este paso se deducirá sin cálculo, observando quando la Polar y la estrella ε de la Osa grande estan una debaxo de la otra, ó corresponden exâctamente á un mismo vertical ó línea de aplomo; y aguardando despues 8′ 7″ diríjanse dos hilos á plomo á la Polar sola, sin atender á la ε, que habrá pasado ya mas allá del vertical comun, y entónces por hallarse exâctamente la Polar en el meridiano, los dos hilos alineados hácia la estrella, lo estarán tambien y marcarán en el suelo la direccion de la meridiana. Advierto que la cantidad de 8′ 7″ que tarda la Polar á

pasar por el meridiano, despues de haber estado exâctamente baxo la ε, es en este año de 1804; pero cada 10 años se adelanta la segunda á la primera 1′ 13½″. Esta operacion debe hacerse con preferencia en los crepúsculos de los meses de Mayo y Junio.

## LECCION XI.

*Determinacion de las longitudes geográficas por los eclipses de sol, de luna y de los satélites de Júpiter, por la ocultacion de estrellas baxo el disco de la luna, por reloxes de movimiento uniforme, y por las distancias lunares.*

234 Ya dixe (*124*) que la determinacion de la longitud de un punto terrestre depende de la determinacion de la hora que se cuenta al mismo instante en dos parages diferentes, pues los paises situados en sus respectivos meridianos, cuentan medio dia en el momento en que el sol se halla en su meridiano correspondiente; y así la hora del medio dia se verifica sucesivamente en todas las partes del mundo yendo de E. á O. á razon de 4′ por un grado de longitud, y de 1$^{h}$ por 15°. De dos meridianos distantes 10° entre sí, el mas oriental cuenta medio dia y por consiguiente todas las horas 40′ ántes que el otro. De aquí resulta que un fenómeno celeste que se ve, á manera de una señal, al mismo instante en todas las partes de la tierra en que es visible, se verifica sin embargo, segun los paises, á diferentes horas. Luego si en uno se contaban 40′ mas que en otro quando sucedió el fenómeno, se inferirá que el primero es mas oriental, ó que su diferencia de

longitud es de 10° hácia el E. (1) Este método practicado con tanto suceso por nuestros astrónomos modernos, es el principio de todos los que tienen por objeto determinar las longitudes terrestres por las observaciones celestes; y su aplicacion á la geografía, el haber hecho depender en esta parte el conocimiento de la tierra del conocimiento del cielo, se debe al ingenioso Hiparco, que se valió ya para determinar las longitudes de los eclipses de luna.

235 Con efecto los eclipses de luna llenan perfectamente este objeto geográfico; porque un punto dado del disco lunar se esconde en la sombra de la tierra en el mismo instante para todos los lugares en que este satélite es visible. Ademas, las manchas de que está sembrado el mismo disco, dan el medio de hacer muchas observaciones en un solo eclipse, anotando con cuidado el tiempo de la desaparicion de cada man-

(1) En puntos muy próximos puede establecerse la diferencia de meridianos por señales de convencion, que equivaldrán á los fenómenos celestes, como se hizo en 1799 para establecerla entre el antiguo observatorio de Cádiz y el de la isla de Leon. Se arreglaron al mismo tiempo dos péndulos, uno en cada observatorio, por alturas correspondientes del sol tomadas con quartos de círculo (*174*), y por los apulsos diarios de una misma estrella en anteojos fixos; y sirviéndose los observadores de señales recíprocas de fusil ó pistola, hechas en la obscuridad de la noche, se compararon los dos péndulos por repetidas ocasiones en el intervalo de muchos dias seguidos, hasta deducir con bastante confianza la diferencia de horas verdaderas entre ámbos observatorios. „Este último „método, dice el Almanak náutico de 1804, á lo sumo „podrá llegar á producir medio segundo de error, cantidad que convertida en partes de equador, y reducida á „millas, segun la extension del paralelo medio, es de un „solo décimo; límite harto prolixo para los usos geográficos y astronómicos que pueden hacerse de semejante establecimiento."

cha á su entrada en la sombra ó la *inmersion*, y el de la salida de la sombra ó la *emersion*; idea ventajosa que propuso á los astrónomos por primera vez Miguel Langreno de Amberes, matemático de nuestro Rey Felipe IV, en 1644. Si estas mismas observaciones se han hecho en un lugar cuya posicion esté conocida, la diferencia entre los tiempos determinados en cada parage por la misma circunstancia da no solamente la diferencia de longitud entre ámbos, sino la longitud absoluta del que se quiere situar de nuevo. Quando todos los resultados deducidos de distintas observaciones de un mismo eclipse de luna no convienen exâctamente, se toma un promedio.

*Exemplo.* En 8 de Agosto de 1748 observó el Señor Don Jorge Juan en Madrid un eclipse de luna, que observó al mismo tiempo en Paris el célebre Abate de la Caille.

*Tiempo verdadero.*

| | |
|---|---|
| Sus observaciones diéron..... | |
| Fin del eclipse en Madrid..... | 12h 10′ 30″ |
| En Paris..... | 12h 35′ 00″ |
| Diferencia de meridianos..... | 24′ 30″ |
| Emersion total de la mancha *Tycho* en Madrid..... | 12h 49′ 1″ |
| En Paris..... | 12h 13′ 21″ |
| Diferencia de meridianos..... | 24′ 20″ |

Tomando un promedio entre ámbos resultados se deduce, por la observacion de este eclipse, que la longitud de Madrid es 24′ 25″ al O. de Paris, por quanto en nuestra Corte se contaban ménos horas que en la de Francia en el instante del fenó-

meno. Y como la situacion de Paris es muy conocida respecto á qualquiera de los puntos de la tierra que se toman por *primer meridiano*, resulta tambien la longitud absoluta de Madrid, reducida al primer meridiano que se quiera adoptar (*116*).

236 No siempre es necesario tener observaciones *correspondientes* á las que se han hecho en el parage cuya longitud se quiere conocer; pues si este punto está muy distante, y no se halla aun fixado con bastante precision, los cálculos anunciados en los buenos Almanakes, como las *Efemérides* de la isla de Leon, el *Conoissance des temps* de los franceses, ó el *Nautical Almanak* de los ingleses, son bastante exâctos para suplir por las observaciones que falten. Así es como el eclipse de luna de 30 de Junio de 1787, observado por el astrónomo Bauchamp en *Casbine*, plaza situada en las inmediaciones del mar Caspio, sirvió á Mr. de Lalande para determinar la longitud de este lugar; pues habiéndose verificado en Casbine el fin del eclipse, ó la salida total del disco lunar de la sombra de la tierra á $7^h\ 45'\ 30''$ (tiempo verdadero), y anunciando el cálculo este fenómeno en Paris á $4^h\ 36'\ 38''$, resulta la diferencia de meridianos entre Paris y Casbine de $3^h\ 8'\ 52''$ ó (*123*) de $47°\ 13'$; siendo *Casbine* mas oriental todo este arco de equador. Verdad es que en los precedentes resultados puede haber alguna incertidumbre, no solamente porque la observacion de *Casbine* no tuvo correspondiente en parage alguno de la tierra bien situado, sino porque aun habiéndola tenido como la tuvo la de Madrid, no se puede responder de algunos minutos de tiempo en la determina-

cion de las fases de un eclipse de luna, y 4″ de tiempo hacen ya 1′ de grado. Pero á pesar de esta incertidumbre no se debe omitir la observacion de tales eclipses, siempre que se presente la ocasion de hacerlas; sobre todo quando se viaja por un pais cuyas posiciones no son muy conocidas, porque son pocos, y todos expuestos á algun error, los medios de determinar la longitud.

237 De la doctrina que acabo de explicar se deduce, que habiendo entre los planetas ó entre los cuerpos, que describen, como la tierra, su orbita al rededor del sol, algunos que van acompañados de satélites (204); quando estos cuerpos se hallen en circunstancias semejantes á las que son causa de los eclipses de la luna, se esconderán en la sombra de su planeta; y si se puede observar en muchos puntos de la tierra á un mismo tiempo su aparicion y desaparicion, se hará de este fenómeno el mismo uso que de los eclipses lunares para la determinacion de las longitudes terrestres. Sin embargo, es de notar que aunque Saturno y Herschel tienen satélites, la observacion de sus eclipses es casi impracticable, porque la pequeñez y la gran distancia de estos cuerpos planetarios subalternos los hacen imperceptibles, sino es con los mayores anteojos, ó con los telescopios de mas fuerza. Así la geografía solamente saca un partido importante de la observacion de los 4 satélites que acompañan á Júpiter, planeta distinguido por su magnitud, y por el resplandor de la luz que nos reflexa. En la fig. 54. estan representados Júpiter con las orbitas de sus 4 satélites, el sol, y la sombra A ☉B que Júpiter arroja tras de sí. Se ve en ella al primer sa-

télite señalado con el número 1, próximo á entrar en la sombra; al 2.° con el número 2 cerca de salir; el 3.° con el 3 está muy léjos de entrar; y el 4° con el 4 hace ya tiempo que ha salido. Luego que un satélite entra en la sombra se hace invisible, y con bastante prontitud; de suerte, que en qualquier parage de la tierra que se esté, se le ve eclipsado de repente quando hasta entónces se le percibia distintamente. Su entrada en la sombra de Júpiter se llama *imersion*, y su salida de ella *emersion*; y entónces se ve aparecer repentinamente al satélite que habia estado invisible durante algun tiempo. La hora que se cuenta en dos parages de la tierra al momento de observar la imersion ó emersion de un satélite de Júpiter, manifestará su diferencia de meridianos. —Galileo, que descubrió estos satélites, ya vió que el espectáculo variado de sus posiciones ofreceria una multitud de señales útiles sobremanera en la averiguacion de las longitudes, y que nos proporcionarian algun dia el conocimiento exácto del globo que habitamos. Parece que trató tambien de aplicarse á enseñar el método de conseguirlo, y que los holandeses, para animarle en este empeño tan ventajoso á la geografía y á la navegacion, le destináron una cadena de oro; pero poco despues de la llegada de los diputados, que le traian esta señal honrosa de la admiracion de aquellos republicanos, perdió la vista. „El cielo „se cerró para él, como si la naturaleza hubiera „dicho: *ya has visto bastante.*" Posteriormente hácia 1660 Domingo Casini, habiendo desentrañado profundamente la teoría de las revoluciones de estos cuerpos, manifestó claramente la aplica-

cion que podia hacerse de sus eclipses á las determinaciones geográficas de longitud, y los astrónomos modernos se han dedicado no solamente á observar todos los que pueden, sino tambien á construir tablas para pronosticarlos con tal exâctitud, que puedan suplir por observaciones correspondientes quando estas falten, como en los eclipses de luna.

238 Los eclipses del sol se emplean tambien en la determinacion de las longitudes. Keplero fué quien tuvo la primera idea de hacer servir para este uso semejantes fenómenos; pero su cálculo no es tan sencillo como el de los eclipses de luna; y por consiguiente, no pueden hacerlo más que personas muy versadas en la astronomía. Lalande, ocupándose en esta materia con prolixidad y laudable paciencia, ha rectificado así gran número de puntos importantes del globo terrestre; y en nuestra España no faltan algunos astrónomos que han hecho iguales servicios á la geografía. La dificultad del cálculo nace de que la situacion relativa del sol y de la luna no es la misma para los diferentes puntos de la tierra, donde se ven al mismo tiempo los dos astros. Sucede en esto lo que se observa en las nubes, que vistas desde cierto punto parecen debaxo del sol, y arrojan su sombra en un espácio limitado, fuera del qual el astro del dia se manifiesta enteramente, ó se ve todo su disco; quando el observador está hácia los bordes de esta sombra puede ver una parte del disco del sol, y las diversas apariencias varían á cada instante, segun los movimientos relativos del sol, de la nube y del expectador.

239 Para aplicar la observacion de un eclip-

se de sol á la rectificacion de las longitudes, es preciso haber determinado una de las dos fases principales, como el principio ó el fin, ó ámbas, sacar por ellas el medio, y tomando de las tablas astronómicas los datos propios para fixar la posicion respectiva de las líneas que han andado los centros del sol y de la luna durante el eclipse, calcular el instante en que los dos astros han estado en *conjuncion*. Sabiendo despues la hora que se contaba en el mismo instante en otro lugar conocido de la tierra, se deducirá por la diferencia de estos tiempos la de las longitudes. Así se deduxo la diferencia de meridianos entre Madrid y Valencia por el eclipse de sol de 17 de Agosto de 1803, observado en esta ciudad por el Baron de la Puebla, y en nuestra Corte por mí y por los Señores Don Josef Gonzalez Ortiz y Don Felipe Bauzá; pues habiendo calculado ámbas observaciones el astrónomo Mechain, resultó la hora de verdadera conjuncion del sol y de la luna,

En Madrid (torre de Santa Cruz). $8^h\ 9'\ 48'',2$

En Valencia..... $8^h\ 23'\ 3'',55$

Diferencia de meridianos entre Madrid al O. y Valencia al E. ..... $13'\ 15'',35 = 3^\circ\ 18'\ 50''$

240 Sucede á veces que la luna eclipsa las estrellas zodiacales, ó comprehendidas en los límites de su orbita al rededor de la tierra; y determinando por la observacion de las circunstancias de este fenómeno, que se llama *ocultacion*, el momento en que el centro de la luna se ha hallado en conjuncion con la estrella, cuyo mo-

mento fixa una posicion absoluta de la luna; se puede ó por cálculos hechos de antemano en los Almanakes astronómicos, en que se pronostican estos fenómenos, ó por observaciones correspondientes hallar la hora que era en el momento de esta conjuncion en otro lugar, cuya posicion esté averiguada; y la diferencia de longitudes se deduce como en los casos precedentes.

*Exemplo.* En la noche del 26 al 27 de Abril de 1804 Don Josef Gonzalez en Cartagena, y Don Julian Ortiz Canelas en la isla de Leon, observáron la ocultacion de la estrella Π de ♍ por la luna; y calculadas ámbas observaciones por Gonzalez se deduxo:

| | *Tiempo verdadero.* |
|---|---|
| H. v. de conjuncion en Cartagena..... | $1^h\ 59'\ 38'',30$ |
| En la isla de Leon. | $1^h\ 39'\ 0'',16$ |
| Diferencia de meridianos.. ..... | $20'\ 38'',14$ |
| Cádiz al O. de la isla..... | $21'',50$ |
| Luego diferencia de meridianos entre Cartagena al E. y Cádiz al O..... | $20'\ 59'',64 = 5^\circ\ 14'\ 54'',6$ |

241 Todos los referidos medios substancialmente se reducen á *determinar en el parage, cuya longitud se pide, la posicion que tiene un astro en un instante dado, é inferir de esta posicion la hora que se cuenta al mismo momento en otro lugar bien establecido de la tierra*, de

cuyo principio se infiere que un astro para servir constantemente á este efecto debe tener, respecto de la tierra, un movimiento tan rápido, que su posicion referida á las estrellas ó á otros astros, que pueden servir de término de comparacion, varíe considerablemente en el espacio de 24 horas. Solo la luna es propia para tal objeto, pues por su movimiento propio de occidente á oriente anda cada dia una cantidad mayor ó menor, pero siempre comprehendida en los límites de 11 á 15°, y por consiguiente en su velocidad media 13° 10′ 35″ por dia, ó 32′ 56″ de grado por hora; así un solo minuto de grado en su dislocacion ó mudanza de sitio en el cielo corresponde á poco ménos de 2′ de tiempo ó 30′ de grado en longitud; y como se puede, tomando la distancia angular de la luna á las estrellas y al sol, fixar muchas veces con mayor precision la posicion de este satélite, estas *distancias* serán un medio de determinar con ménos de 2′ de error el tiempo que en un meridiano dado se cuenta al momento de la observacion, principalmente despues que las *tablas* construidas en los últimos años por astrónomos hábiles, y por resultado de profundas teorías y larga observacion, manifiestan con asombrosa exáctitud, á saber, con ménos de 15″ de error, á qué punto del cielo corresponde la luna en un instante dado.

242 Me detendré en la explicacion de este método de las *distancias lunares*, por ser el único que constantemente puede practicarse en tierra, y el único tambien cuya observacion sea asequible en la mar. Los eclipses de sol y de las estrellas por la luna se verifican de raro en raro; sus cálculos exigen muchas reducciones, y es muy difícil observarlos bien en medio de la ma-

sa de las aguas. Mas útiles serian los eclipses de luna si fuesen mas freqüentes, y diesen un resultado mas preciso; pero sobre que estos fenómenos no pueden determinar la longitud sino con la incertidumbre de un grado, jamas se verifican mas que de 6 en 6 meses, y á veces se pasan años enteros sin que se logre observar uno. La necesidad de emplear anteojos muy largos para observar los eclipses de los satélites de Júpiter, los ha hecho hasta el presente inútiles para la determinacion de las longitudes en la mar; y aunque en tierra sus observaciones son muy cómodas, porque no hay en ellas ninguna reduccion que hacer, y se presentan tan freqüentemente que apénas hay noche en que no se pueda observar alguno de dichos eclipses; sin embargo, queda todos los años un intervalo de tres meses, durante el qual este medio no es practicable, porque la proximidad de Júpiter al sol no permite observar sus satélites cerca de 6 semanas ántes y 6 despues de la *conjuncion*. Pero las *distancias lunares* pueden observarse casi todos los dias en tierra y en mar (1); y á estas observaciones

(1) Es mas indispensable y de consequencias mas importantes la determinacion de las longitudes en mar, que la de las mismas en tierra. „No tenemos, dice con su „acostumbrada energía Bailly, una urgente necesidad de „fixar la posicion y extension de las ciudades y provin„cias. Estos conocimientos, aunque importantes, admiten „espera. Pero la codicia que extiende el comercio, la am„bicion que quiere aumentar reynos y mas reynos, nos „han puesto en medio de nuevos peligros, desde que el „descubrimiento de la brúxula ha permitido á nuestros „buques dexar la vista consoladora de las costas, y me„terse en los desiertos del océano. La aguja imanada nos „dirige y nos indica el rumbo que debemos seguir; pero „no nos manifiesta ni la distancia de las costas que hemos „abandonado, ni la de las playas adonde caminan nues„tras esperanzas. El hombre en una débil máquina está

se deben sobre todo las considerables rectificaciones que han recibido en nuestros tiempos la geografía y la hidrografía, principalmente despues que siguiendo el exemplo de Cook, acostumbran los astrónomos á unir con ellas el uso de los reloxes marinos ó *guardatiempos*, que sirven tambien en los intervalos en que no se pueden conseguir observaciones de distancias de la luna al sol y á las estrellas. Se han inventado fórmulas variadas de muchos modos para facilitar el cálculo de estas importantes observaciones. Entre todas he adoptado por su sencillez y claridad la explicacion que da Bezout en su *tratado de navegacion*,

„ suspendido sobre el abismo con sus bienes y con su vi-
„ da, que es el primero de todos los bienes; allí no ve
„ mas que un horizonte no interrumpido, una llanura con-
„ tinuada y monótona; él mismo se ha condenado al des-
„ tierro, y no sabe donde se encuentra Le es pues de la
„ primera necesidad el conocimiento del parage que habi-
„ ta, ó la *longitud* que puede ignorar tranquilamente
„ quando está en sus hogares. Es preciso ó no andar de no-
„ che, doblando el tiempo del viage, y alterando el tér-
„ mino de sus deseos, ó seguir en medio de la obscuridad
„ el curso de los vientos, con el riesgo de dar en tierra, y
„ estrellarse en los escollos que la defienden, si la indus-
„ tria no le asegura de la distancia de estas tierras tan te-
„ mibles y tan deseadas. Entónces, como en tantas otras
„ circunstancias, el hombre habiéndolo perdido todo no
„ tiene mas recurso que el cielo, ni mas amigos que los
„ astros que veia en su patria; pues como estos son fixos,
„ conoce su posicion inalterable, toma la altura sobre el ho-
„ rizonte del mar, y esta altura le hace ver á qué distan-
„ cia está del equador. Pero hay tantos puntos en el globo
„ terrestre á esta misma distancia, que sin apartarse ni ale-
„ jarse del grande círculo equinoccial, podria dar la vuel-
„ ta entera á la tierra, y describir un círculo menor pa-
„ ralelo al equador. Debe, pues, conocer ademas la dis-
„ tancia del lugar de donde ha salido, es decir, la dife-
„ rencia de longitud, y determinar qué meridiano corta
„ al paralelo en el punto ocupado por el buque, y esta
„ noticia no puede conseguirse sino por los fenómenos y
„ señales celestes." *Histoire de l'Astronomie moderne, tom. 2.°*

y substancialmente paso á extractarla para inteligencia y uso de los amantes de la geografía.

243 Supongamos que habiendo calculado ó deducido del Almanak el lugar de la luna para cierto instante contado, por exemplo, en el meridiano de Madrid, se observa en este mismo instante la luna, hallándose el observador baxo otro meridiano. Es evidente que no mediando el menor intervalo de tiempo entre el instante para el qual se ha calculado, y el en que se le observa, no debe resultar entre el lugar calculado y el observado mas diferencia que la que pueden ocasionar la refraccion y paralaxe, y en mar la altura del ojo sobre el horizonte (59). Mas si por no tener bien averiguada la longitud del parage donde se observa, se ha creido falsamente hacer la observacion á la hora para que se habia calculado; ó lo que es igual, si habiéndose hecho la observacion á cierta hora del meridiano donde se está, se ha estimado mal la hora que se debe contar en Madrid en este mismo instante; entónces, á mas de la diferencia originada de las causas mencionadas, se hallará otra que será precisamente el camino andado por la luna en virtud de su movimiento propio, durante el espacio de tiempo en que se engañó el observador para su cálculo. Luego si se conoce la velocidad actual de la luna, se podrá por esta última diferencia y por la velocidad, averiguar el error en que se estaba acerca del tiempo ó de la longitud. Tal es el fundamento de los métodos dados hasta ahora para hallar las longitudes por medio de los movimientos de la luna, uno de los quales es el que voy á explicar; y entendido este, será fácil entender y practicar qual-

quiera otro que se juzgue del caso.

144 De lo que acabamos de decir se infiere qúe para estas observaciones tenemos que llenar dos objetos: 1.° determinar el lugar de la luna para qualquier instante que se proponga: 2.° deducir de la observacion el que la luna ocupa realmente en el cielo, el qual, ó será el mismo que el calculado, si se sabe ó si se ha estimado bien la hora que se contaba en Madrid en el momento de la observacion; ó si se diferencia del calculado, descubrirá por su diferencia el error cometido en la estima ó suposicion de la longitud.

245 En quanto al primer objeto se presentan dos medios. El 1.° es hacer uso de las tablas generales de los movimientos de la luna, deduciendo el resultado que se busque por los preceptos que dan para su cálculo los libros que las contienen, y cuyo método suele variar segun la diferente forma que se ha dado á estas tablas. Deben preferirse, en publicándose, las del astrónomo aleman Burg, premiadas por el Instituto nacional de Francia, y mucho mas exâctas que las de Masson, insertas en la *Astronomía de Lalande*, de las que se podrá servir entre tanto el observador quando quiera deducir el lugar de la luna por este primer medio, el mas riguroso, aunque largo. El 2.°, mucho mas expedito, consiste en emplear las tablas calculadas de la luna en el Almanak astronómico del año corriente para intervalos de tiempo determinados, como de 12 en 12 horas, y deducir de esta posicion el lugar del cielo que ocupa aquel satélite en el momento que se desea por medio de proporcionales, y usando para mayor exâctitud de las *segundas di-*

*ferencias*, conforme se enseña en la instruccion que acompaña siempre á estos Almanakes para su manejo. Respecto al segundo objeto se determina por medida inmediata (1) la distancia aparente de la luna al sol, ó á una estrella conocida, es decir, cuya longitud y latitud esten bien determinadas (2); y habiendo calculado por los datos que

(1) Es bueno medir varias distancias, aunque sean 5 ó 6, aun en intervalos desiguales, y aunque se tarde en ellas hasta 20′ para sacar de todas promedios, que se considerarán como una sola observacion probablemente mas exâcta. El instrumento para estas observaciones debe estar en tal posicion que mirando directamente á la luna, caygа la sombra de la parte que contiene los espejos sobre el canto interior del arco; pues solo así se podrá conseguir llevar á la luna la imágen del sol, y será ventajoso separar siempre un poco la alidada del arco medido para no exponerse á un error de vista, y hacer cada observacion en todo independiénte de la anterior, sin que por esto se exija un órden proporcional en las distancias que se midan, pudiendo solo desecharse los que se acrediten de poca confianza por la comparacion con las demas que se observen. Pueden tambien emplearse en estas observaciones los sextantes que no tengan anteojo, teniendo el observador bien exâminado su instrumento; pues cada minuto de error en ellas produce sobre medio grado de error en la longitud. Por fortuna las márgenes de los astros se presentan con tanta claridad, que es difícil llegue el error de la observacion á dos minutos; y como el error de las tablas lunares en el estado de perfeccion que ahora tienen apénas pasa de algunos segundos, no hay escusa para que los pilotos en mar, y los geógrafos en tierra, no empleen este método de averiguar la longitud de los lugares, que puede practicarse todos los dias del año, á excepcion de 4 dias ántes y 4 despues del novilunio. Los sextantes son en esta clase de observaciones preferibles á los octantes, porque miden ángulos de 120 y hasta 130°.; y pueden por consiguiente alcanzar las distancias de la luna al sol fuera de *quadraturas*.

(2) Llámase *longitud* de un astro el arco de la eclíptica comprehendido entre el equinoccio de *Aries* y el punto de este círculo máximo, á que corresponde el astro perpendicularmente; y *latitud* la distancia del astro á la eclíptica, contada en el arco interceptado de un círculo máximo, que pasa por los polos de la eclíptica y por el astro, y que se llama *círculo de latitud*. En la fig. 6.ª ♈ a es la longitud del astro A, A a su latitud austral, y l a A l

suministran las Efemérides la latitud de la luna para el instante de la observacion, en el triángulo esférico Q E L (*fig.* 55), donde Q representa el polo de la eclíptica, Q E el complemento de la latitud de la estrella, L E la distancia de la luna á la estrella, y Q L el complemento de la latitud de la luna, se calcúla el ángulo E Q L, que tiene por medida B C, diferencia de longitud entre la estrella y la luna, y sumando el arco B C con la longitud de la estrella que le señale el catálogo, ó restándole de ella si esta fuese mayor que la de la luna, se tendrá la longitud A C deducida de la observacion.

146 Supuestos los preliminares referidos, el método es el siguiente: 1.° se escogerá una estrella brillante entre las zodiacales, ó poco distante de estas, y se tomará su altura al mismo tiempo (si es posible) que se mida muy exáctamente la distancia de esta estrella al borde iluminado de la luna, quando ámbos astros se hallen 5 ó 6° á lo ménos elevados sobre el horizonte. En el uso del quintante que se emplee para medir la distancia, debe dirigirse el anteojo á la estrella, y conservándola en el campo, se volverá el instrumento para que su plano pase por la luna, y entónces se le darán balances ó movimientos, hasta que la estrella, vista al traves de la parte no azogada del espejo chico, parezca que toca á la imágen del borde iluminado de la luna vista sobre la parte azogada, sin cortarla. 2.° Al mismo

un círculo de latitud: se ve, pues, que la longitud y latitud celeste tienen la misma relacion con el círculo de latitud que pasa por el punto de ♈ y con la eclíptica, que la longitud y latitud terrestre con el primer meridiano y con el equador.

tiempo que se tome la distancia de la estrella al borde iluminado de la luna y la altura de la estrella, un tercer observador tomará tambien la altura del punto del borde iluminado, cuya distancia á la estrella se ha medido, sin que sea indispensable extrema precision en la medida de tales alturas, pues basta tenerlas en los límites de 7 ú 8′. Si no se puede verificar la observacion de estas alturas al mismo tiempo que se mide la distancia, ó no hay para ello los cooperadores precisos, un solo observador puede hacerlo todo, comenzando por observar la altura de la estrella: á esta observacion hará suceder, lo mas pronto que sea posible, la de la medida de la distancia de la luna á la estrella; y finalmente tomará la altura del punto observado del borde claro de la luna, pero de modo que el tiempo empleado en las 3 observaciones no exceda de 20′, y entónces debe ademas agregar á ellas la marcacion del centro de la luna, es decir, la medida de su azimut, ó del azimut del rastro de los reflexos que su luz forma sobre la superficie del mar, si la observacion se hace en un buque. 3.° Se anotarán con mucho cuidado la hora, minuto y fraccion de minuto en que se haya hecho cada observacion, usando de un relox bien arreglado, ó cuyo error se haya conocido de antemano por medio de las *alturas correspondientes* (*174*), ó aun deduciendo de una sola altura de sol el ángulo horario (*177*), y comparándole con la hora que señalaba la muestra en el momento que se tomó la altura. Si tal averiguacion sobre el adelanto ó atraso del relox no se ha podido aun verificar, se logrará entónces por medio de la altura de la estrella, la que en este caso debe medir-

se con mucho cuidado; y los astrónomos prácticos aconsejan: »que teniendo relox de segundos es mejor averiguar la hora de la observacion »de la distancia ántes ó despues de ella, que no »emplear tercer observador para tomar una altura »de estrella, porque nunca puede ser tan cierta la hora que resulte de aquí, á causa de que »el que da el tiempo es el observador de la »distancia quando la tiene á su satisfaccion; y »puede ocurrir no deberla tener en el mismo »instante el que observa la altura." —Tomadas estas medidas se procederá al cálculo del modo siguiente.

247 Supongo que quando el relox señalaba $2^h\ 56'\ 40''$ de la mañana, estando en latitud N. de $36°\ 37'\ 00''$ se tomó la altura de *Aldebaran*, y se halló que era de $59°\ 7'$ hácia el *Este*; que $11'$ despues se midió el arco de la distancia aparente de Aldebarán al borde iluminado de la luna, y resultó de $36°\ 1'\ 50''$; que $5'$ despues de esta segunda observacion se midió la altura del punto observado del limbo lunar, y era de $35°\ 22'$, y su azimut de $90°\frac{1}{2}$ del N. al E.; que por la altura de la estrella, ó por otros medios anteriormente practicados se halló que la muestra adelantaba $7'\ 40''$ al tiempo verdadero; y finalmente que por estima ó por medidas tomadas en un mapa, creyó el observador que el punto del globo donde se hallaba tenia $9°$ de longitud al O. de Madrid, ó que su diferencia de meridianos en tiempo era de $36'$. Es de advertir que la observacion se supone hecha en tierra, y en el dia 14 de Setiembre de 1770.

248 Corrijo primeramente el instante $3^h\ 7'\ 40''$ de la observacion de la distancia, y la re-

duzco á $3^h$ 0′ de la mañana, ó $15^h$ 0′ del 13 de Setiembre, segun cuentan los astrónomos, para quienes el dia empieza á medio dia, y sigue desde 1 hasta $24^h$, sin promediar la cuenta hasta el medio dia siguiente. Y como por estima ó suposicion se sitúa el lugar de la observacion 36′ al O. de Madrid, se sigue que si esta estima es buena, se contarán en aquel instante en Madrid $15^h$ 36′. Calculo, pues, el lugar de la luna para el 13 de Setiembre de dicho año á $15^h$ 36′ de Madrid, ó 16 horas del meridiano de Paris, segun el qual está arreglado el *Conocimiento de tiempos*; y por quanto las reducciones que se han de hacer á la observacion para tener el lugar de la luna deducido de ella, exîgen que conozcamos su latitud, su paralaxe horizontal y su diámetro horizontal, calculo todo esto al mismo tiempo, tomando los datos del *Conocimiento* ó *Almanak* del año corriente, donde se hallan las tablas precisas para ello.

249 Hallo efectivamente en el *Conocimiento de tiempos* para el año 1770, que el 13 de Setiembre á media noche la longitud de la luna era de..... $3^s$ (1) $8°\ 52'\ 9''$
El 14 á medio dia era de..... 3 $16°\ 1'\ 32''$
Su latitud el 13 á medio dia era de..... $2°\ 43'\ 30''$
El 14 á medio dia era de.... $3°\ 42'\ 7''$
Su paralaxe horizontal el 13 á medio dia..... $59'\ 19''$
El 14 á medio dia..... $59'\ 43''$
Su diámetro horizontal el 13 á medio dia..... $32'\ 24''$

(1) Esta cifra indica *signos*. En la astronomía el círculo de la *eclíptica* se supone dividido como el zodiaco en 12 partes que se llaman *signos*, cada uno de 30°. Así $3^s = 90°$.

El 14 á medio dia..... 32′ 37″

De donde infiero por proporcionales que la luna se adelantaba 7° 9′ 32″ en longitud en 12ʰ, y por consiguiente 2° 23′ 8″ en 4ʰ, de suerte que su longitud el 13 á 16ʰ de Paris, era de 3ˢ 11° 15′ 17″: que el movimiento en latitud en 24ʰ era de 58′ 37″, ó de 39′ 5″ en 16ʰ, y que por consiguiente el 13 á las 16ʰ la latitud era de 3° 22′ 35″; y que en 24ʰ la paralaxe horizontal aumentaba 24″, y el diámetro horizontal 13″; de manera que el 13 á 16ʰ la paralaxe horizontal era de 59′ 35″, y el diámetro horizontal de..... 32′ 33″.

250 Para deducir de la observacion el lugar de la luna ó su longitud, se reducirá la distancia observada á la distancia verdadera, corrigiéndola del efecto de la paralaxe, refraccion y semidiámetro; mas como de estas correcciones, las dos primeras dependen de la altura aparente en el instante de la observacion de la distancia, y las alturas de la luna y de la estrella se han observado algunos minutos ántes y despues de ella, se debe comenzar por reducir estas alturas á lo que debiéron ser en el momento de la principal observacion. Para cuya reduccion es menéster conocer las relaciones que hay entre el movimiento de un astro paralelamente al equador, y su variacion en altura miéntras describe un arco muy pequeño de su paralelo. Suponiendo (*fig. 56*) que H Q O es el horizonte, Z el zenit, P el polo, E Q el equador, N S L el paralelo del astro, S s el arco infinitamente pequeño que el astro describe en un instante, Z S R, Z s r los dos verticales, y P S M, P s m los dos círculos correspondientes de declinacion; si desde el punto Z como centro se concibe descrito el arco s q, que será perpendicular so-

bre Z S, el pequeño triángulo S q s podrá mirarse como rectilíneo, y por las reglas de geometría plana se dirá:
S s : q S :: R : cos. s S q, ó :: R : sen. Z S P.
Por otra parte la trigonometría esférica enseña que
M m : S s :: R : cos. M S.
Luego multiplicando estas dos proporciones tendremos
M m : q S :: $R^2$ : sen. Z S P × cos. M S.
De donde se infiere, 1.° que si no se altera la declinacion M S, quanto mayor sea el seno del ángulo Z S P, tanto mayor será el aumento q S en altura, respecto á la medida M m del ángulo horario correspondiente M P m. Luego quando este ángulo Z S P sea recto, es decir, quando su seno sea el máxîmo posible, la variacion en altura será tambien la mas rápida posible; y es evidente que el ángulo Z S P es recto quando el vertical toca á este paralelo del astro, como se ve en la figura. 2.° En el triángulo Z S P se verifica esta proporcion.
Sen. Z S P : sen. Z P :: sen. P Z S : sen. P S, ó cos. M S.
Luego sen. Z S P × coseno M S = sen. P Z S × sen. Z P.
Substituyendo esta última cantidad en lugar de su igual en la proporcion hallada ántes, tendremos
M m : q S :: $R^2$ : sen. Z P × sen. P Z S.
Luego si la latitud del pueblo donde se observa, y por consiguiente su complemento Z P, no varía, el aumento q S en altura será el máxîmo posible respecto de la medida M m del ángulo horario, quando Z S R será el primer vertical (28).

251 La segunda expresion de estas relacio-

nes nos servirá en nuestro caso; pero para aplicarla á la estrella se calculará su azimut P Z S, lo qual es fácil en el triángulo P Z S (*177*), donde conocemos el complemento Z P de la latitud del lugar, el complemento Z S de la altura observada del astro, y el complemento P S de su declinacion, que el catálogo de las estrellas da de 73° 58′ en el mes y año de la observacion. Con estos datos se hallará que el ángulo azimutal era de 124° 54′. En este supuesto, como las estrellas describen en $24^h$, 360° 59′ 8″ (*157*), el arco M m que *Aldebarán* describió en 11′, será el 4.° término de esta proporcion.

$24^h$ : 360° 59′ 8″ :: 11′ son á un quarto término.

Y siendo los dos primeros términos siempre los mismos, resultará en general el arco M m para las estrellas, multiplicando el intervalo de tiempo que ha corrido, por la razon de 360° 59′ 8″ á $24^h$, ó bien si se reduce el tiempo á segundos y los 360° 59′ 8″ á minutos, resultará el logaritmo del número de los minutos de Mm, sumando con el logaritmo del número de segundos del intervalo de tiempo que ha mediado, el logaritmo constante 9,399127, compuesto del logaritmo de 360° 59′ 8″ reducidos á minutos, y del complemento aritmético de $24^h$ reducidas á segundos. Entónces en la proporcion

M m : q S :: $R^2$ : sen. Z P × sen. S Z P

se deducirá el logaritmo de q S, sumando el del valor de M m con los de los senos Z P y S Z P, y restando de la suma el duplo del logaritmo del radio, así:

Log. 11′ ó 660″..... 2,819544

Log. constante..... 9,399127

| | |
|---|---|
| Suma ó log. M m..... | 2,218671 |
| Log. sen. Z P..... | 9,904523 |
| Log. sen. S Z P..... | 9,913893 |
| Suma — Log. $R^2$..... | 2,037087 |

Que corresponde en las tablas á 109′, ó 1° 49′. Luego la variacion q S de Aldebarán en altura fué de 1° 49′, y por consiguiente la altura aparente de la estrella en el momento de la observacion de la distancia queda establecida en 60° 56′.

252 El cálculo de M m para la luna es mas corto, porque se observó el azimut de este satélite; el qual por otra parte, á causa de que en su velocidad media se adelanta 13° 10′ 35″ del O. al E. cada dia, no describe al rededor de la tierra mas que 360° — 13° 10′ 35″ = 346° 49′ 25″ en 24$^h$. Así por el mismo raciocinio que hemos hecho en la estrella, se tendrá la correccion de la altura de la luna del modo siguiente:

| | |
|---|---|
| Log. 5′ ó 300″..... | 2,477121 |
| Log. constante..... | 9,381746 |
| Suma ó log. M *m*..... | 1,858867 |
| Log. *sen.* Z *P*..... | 9,904523 |
| Log. sen S Z P..... | 9,999983 |
| Suma — duplo log. R..... | 1,763373 |

Que corresponde á 58′; así la altura de la luna en el momento de la observacion de la distancia era de 34° 24′.

253 Reducidas ya al mismo instante las alturas observadas, hay que reducir despues la distancia observada á distancia verdadera. Si R Z H (*fig.* 57) es el meridiano, R O H el horizonte, Z S y Z O los verticales de la estrella y de la luna al tiempo

de la observacion de la distancia, *e* y *l* los lugares aparentes de estos dos astros, E y L sus verdaderos lugares, la estrella E parecia en *e* por efecto de la refraccion que á la altura aparente S e de 60° 56′ es de 37″, como se puede ver en las tablas. La luna L parecia en *l* por la diferencia de los efectos de paralaxe y refraccion; pues la refraccion sola á la altura aparente de 34° 24′ la elevaría 1′ 31″, valor de L *l′*, y la paralaxe la presentaría mas deprimida en la cantidad *l′ l*, que se trata de determinar. Y como hemos visto (*164*) que la paralaxe horizontal es á la paralaxe de una altura dada, como el radio al seno de la distancia aparente al zenit ó al coseno de la altura, la operacion se verificará así:

Log. 59′ 35″ ó 3575″ = paralaxe horizontal..... 3,553276

Log. sen. 55° 37′½ = distancia aparente al zenit corregida de la refraccion..... 9,916643

Suma — log. R..... 3,469919

Luego la paralage *l′ l* era de..... 2950″ ó 49′ 10″; y por consiguiente la depresion real L *l* de luna baxo su verdadero lugar era de 47° 39′.

254 Para conocer la diferencia entre la distancia observada *l e* y la distancia real L E, se puede calcular el ángulo *e Z l* en el triángulo *Z e l*, donde conocemos el lado *l e*, distancia observada; el *Z e* distancia aparente de la estrella al zenit, y el *Z l* distancia aparente de la luna al zenit. Hallado este ángulo se conocerían en el triángulo E Z L el ángulo E Z L, el lado Z E distancia de la estrella al zenit corregida de la refraccion, y el lado Z L distancia de la lu-

na al zenit corregida de la refraccion y de la paralaxe. Se podrá, pues, calcular L E por las reglas de trigonometría esférica, que enseñan como se halla el tercer lado de un triángulo cuyos dos lados y el ángulo comprehendido se conocen.

255 Pero como la diferencia entre L e y *l e* debe ser muy corta, este cálculo exîge que se determine con grande precision el ángulo e Z l, y que en el cálculo del triángulo Z E L se tenga cuenta no solamente con los minutos, sino tambien con los segundos de los arcos Z E y Z L; de suerte que procederemos mas bien en todos estos cálculos del modo siguiente. —En el triángulo *e* Z *l* se calcularán el ángulo Z *l e* y el Z *e l* por la regla dada (*177*) para hallar un ángulo, conocidos los tres lados, y no se buscará mas exâctitud que la de los minutos; mas luego concibiendo las perpendiculares *L s*, *E q* en los triángulos *L l s*, *E e q*, que pueden mirarse como rectilíneos, tendremos por la geometría plana

L l : l s :: R : cos. L l s, ó cos. Z *l e*.
E e : *e q* :: R : cos. E *e q*, ó cos. Z *e l*.

Reduciendo, pues, L *l* y E *e* á segundos, será fácil por estas proporciones tener en segundos las cantidades *l s* y *e q*, de las quales la primera debe restarse de la distancia observada quando el ángulo en la luna Z *l e* es agudo, y al contrario sumarse con ella si es obtuso. Todo lo inverso sucede en la estrella; pues la cantidad *e q* debe sumarse ó restarse segun el ángulo en ella sea agudo ú obtuso.

256 Si calculamos por la regla dada (*177*) los ángulos Z *l e* y Z *e l*, resultarán Z *l e* de 30° 50′, y Z *e l* de 119° 46′.

No falta, pues, mas que acabar por el método rigoroso así:

| *Para la estrella.* | *Para la luna.* |
|---|---|
| Log. E $e$, ó 37′′..... 1,568202 | Log. L $l$, ó 2859″ 3,456214 |
| Log. cos. Z $el$, ó E $eq$. 9,695892 | Log. cos. Z $el$.. 9,933822 |
| Suma..... 1,264094 | Suma..... 3,390036 |
| Luego $eq$..... 19′. | Luego $ls$. 2455″, 6 40′ 55″ |

Luego la diferencia entre la distancia observada y la distancia verdadera era de 41′ 14″: de donde se infiere que la distancia verdadera era de 35° 20′ 36″.

257 Esta distancia es la del limbo iluminado de la luna; pero como el lugar de este satélite calculado ántes es el del centro, se ha de corregir la distancia, del semidiámetro lunar, cuyo semidiámetro varía sensiblemente en el curso de cada lunacion, porque la distancia de la luna á la tierra varía tambien mucho en este intervalo; y ademas varía á medida que la luna se eleva sobre el horizonte. Antes hemos hallado que el diámetro horizontal en el dia de la observacion era de 32′ 33″; con cuyo dato, recurriendo al Almanak, veremos que el que debia tener á la altura dada del borde iluminado era de 32′ 53″; cuya mitad 16′ 26″ debe restarse de la distancia reducida, porque la estrella estaba opuesta al borde iluminado respecto al sol, como se puede ver por su azimut comparado con el de la luna. Así resultará por fin la distancia verdadera del centro de la luna á Aldebarán de 35° 4′ 10″.

258 Acabadas estas correcciones se deduce de la observacion el lugar verdadero de la luna por el método siguiente. En un catálogo de es-

trellas se toman la longitud y latitud de la observada, ó si este catálogo no trae mas que las ascensiones rectas y las declinaciones, se calculan por ellas la longitud y latitud (1), y se hallará que la longitud de *Aldebarán* es de 66° 34′ 55″, y su latitud de 5° 29′ 15″. Despues en el triángulo esférico Q L E (*fig. 55*), donde Q representa el polo de la eclíptica, Q B y Q C los círculos de latitud de la estrella y de la luna, se calculará por la regla dada (*177*) el ángulo E Q L, supuesto que conocemos E L de 35° 4′ 10″, Q E complemento de la latitud de la estrella, y por consiguiente de 84° 30′ 45″, y Q L complemento de la latitud de la luna calculada ántes, el que será de 86° 37′ 25″. El ángulo buscado resulta de 35° 6′ 56″; y como la longitud de la estrella es de 66° 34′ 55″, se sigue que la de la luna, deducida de la observacion, es de 101° 41′ 51″. Antes (*249*) la calculamos por la estima ó suposicion de la longitud geográfica del

(1) En efecto, conocida la posicion de un astro respecto de la eclíptica, es siempre fácil inferir su posicion respecto al equador, y *vice-versa*. Imaginemos que en la figura 58, P′ es el polo de la ecliptica C D, P el polo del equador Q T, E el punto del primer grado de Aries, y S un astro. El triángulo esférico P P′ S tiene por lados: 1.° P P′, que siendo la distancia del polo del equador al de la eclíptica, es la medida de la inclinacion de estos círculos, y por consiguiente de 23° 28′. 2.° P′S que es el complemento de la latitud del astro; y 3.° P S complemento de la declinacion. Ademas el ángulo P P′ S tiene por medida el arco A D, complemento de la longitud; y el ángulo P′ P S tiene por suplemento al D P S medido por el arco T I, que es el complemento de la ascension recta. Se ve, pues, que quando se conozcan la latitud y la longitud, ó la declinacion y la ascension recta, como por otra parte se conoce siempre el lado P P′, habrá tres cosas conocidas en el triángulo P′PS; y por consiguiente será fácil por las reglas de trigonometría esférica hallar las dos partes desconocidas de este triángulo.

punto donde se observó, de 101° 15′ 17″; luego por la estima se colocaba la luna 26′ 34″ mas adelantada de lo que estaba en su orbita. Por otra parte, siendo así que este satélite describe dicho dia 7° 9′ 23″ en 12h, ó 0° 35 47″ por hora (249), no es difícil, haciendo esta proporcion,

35′ 47″ : 60′ :: 26′ 34″ : X

hallar que la luna emplea 44′ 33″ de tiempo en describir los 26′ 34″ de error. Luego la estima ó suposicion tenia un error de 44′ 33″ de tiempo. Luego la observacion se habia hecho en un meridiano 1h 44′ 33″ al O. de Paris, ó cuya longitud es de 26° 8′ 15″ al O. de Paris = 20° 6′ 4″ al O. de Madrid.

259 Pero ahora he de advertir, que aun quando todas las observaciones fuesen muy exâctas, y las reducciones perfectamente hechas, el método que se acaba de enseñar no daria resultados tan exâctos como es posible, si no se determinasen con mas rigor el lugar de la luna y su movimiento horario. En efecto, supuesto que la luna en su velocidad media describe 32′ 56″ por hora, se sigue que un minuto de error en su posicion en el cielo corresponde á 1′ 49″ de tiempo, es decir; puede ocasionar un error de 27′ 15″ de grado en la diferencia de meridianos; y calculando el lugar de la luna como lo hemos hecho, el error puede efectivamente llegar á 1′. Igualmente, aunque en el intervalo de 12 horas la velocidad de la luna ó su movimiento horario mude poco, sin embargo no se debe tomar en rigor por su movimiento horario la 12.ª parte del arco que describe desde un medio dia á la media noche siguiente; pues este $\frac{1}{12}$ es el mo-

vimiento horario á las 6 horas de intermedio, y es menester ver como se determina para las demas horas.

260 Se corregirá, pues, el lugar de la luna calculado (249) tomando en el Almanak quatro longitudes lunares, á saber, las dos que corresponden á las épocas del medio dia y de la media noche que preceden inmediatamente al instante para que se quiere calcular, y las dos que corresponden á iguales épocas siguientes. Escritas estas cantidades, una debaxo de otra, se tomarán sus diferencias consecutivas y se escribirán al lado, y despues las diferencias de estas mismas diferencias, y se escribirán al lado de las primeras. Las *segundas diferencias* deben tomarse en el mismo órden que las primeras, de suerte que si estas en vez de ir aumentando fuesen disminuyéndose, se marcarian las segundas diferencias con el signo —, y en el caso contrario se les daria el signo +. Tómese la quarta parte de la suma de las dos segundas diferencias (ó de su diferencia, si tienen signos contrarios); multiplíquense por el $\frac{1}{12}$ del intervalo de tiempo entre este mismo instante para el qual se ha calculado, y la época precedente (del medio dia ó media noche) mas próxîma. Este producto, multiplicado por el $\frac{1}{12}$ del intervalo que ha mediado entre el instante para que se calcula y la época siguiente, será la correccion que debe hacerse á la longitud calculada por aproxîmacion; y esta correccion debe restarse ó sumarse segun que las diferencias segundas tengan ámbas el signo +, ó ámbas el signo —, ó segun sea la que tiene el signo +

mayor ó menor que la que tiene el signo —.

| *Exemplo.* | *Diferencias 1.as* | *Diferencias 2.as* |
|---|---|---|
| 3ˢ 1° 45′ 51″..... | | |
| 3 8 59 9..... | 7° 6′ 18″..... | |
| 3 16 1 32..... | 7 9 23..... | + 3′ 5″ |
| 3 23 14 38..... | 2 13 4..... | + 3 41 |

Habiendo de calcular como en nuestro caso el lugar de la luna para el 13 de Setiembre de 1770 á 16ʰ de Paris, tomo el lugar de este satélite al medio dia y media noche del 13, y al medio dia y media noche del 14, y tomo tambien sus diferencias primeras y las segundas diferencias, las que me resultan de 3′ 5″ y 3′ 41″. El ½ de esta suma, á saber, 1′ 41″, ó 101″, que multiplico por el $\frac{1}{12}$ de 4ʰ, distancia á la media noche que precede al instante de que se trata, y por el $\frac{1}{12}$ de 8ʰ distancia al medio dia siguiente, me da 22″, que se han de restar de la longitud 3ˢ 11° 15′ 17″, calculada por aproxîmacion. Con esto se aumenta 22″ la diferencia entre la longitud calculada y la deducida de la observacion; de donde á razon de 35′ 47″ por hora, se inferirá que la diferencia de meridianos debe aumentarse 37″ de tiempo.

261 Respecto del movimiento horario que hemos supuesto ser de 35′ 47″, es decir, la 12.ª parte del movimiento de la luna desde el 13 á media noche hasta el 14 á medio dia, se ha de advertir que esta no es verdaderamente la velocidad de luna mas que á las 6ʰ de la mañana. Pe-

ro las segundas diferencias que se hallaron hacen ver que durante estas 12 horas la velocidad aumenta 3′ 5″ ó 15½″ por hora. Debe, pues, disminuirse 31″ el movimiento horario que hemos empleado, porque el instante de que se trata es de 4$^h$ despues de media noche, y no de 6$^h$; y como estos 31″ hacen casi la 70.ª parte del movimiento horario que se ha empleado, se sigue que la correccion que este nos dió para la diferencia de meridianos es demasiado corta cerca de $\frac{1}{70}$ ó 3″ de tiempo, los que añadidos á los 37″ dan 1′ 15″ de tiempo, cantidad que debe aumentarse á la diferencia de meridianos calculada (*258*); y así la verdadera es de 1$^h$ 45′ 48″.

262 En lugar de la distancia de las estrellas á la luna puede emplearse la distancia de la luna al sol, para averiguar la diferencia de meridianos entre dos puntos terrestres. En esta observacion se dirige el anteojo del sextante á la luna para verla al traves de la parte no azogada del espejo pequeño, y balanceando el instrumento al rededor del anteojo, se mueve la alidada hasta que el limbo del sol mas próximo á la luna parezca tangente del limbo iluminado de esta (*45*). Antes de tomar la distancia se mide una altura del sol, y todas las demas reducciones y cálculos se executan precisamente como para las estrellas, añadiendo por fin á la distancia reducida el semidiámetro del sol para tener la distancia de los centros. Hay tambien que advertir en esta observacion que quando se ha calculado el ángulo E Q L (*fig. 55*), ó la diferencia de longitud, se la añade ó se la resta (segun la luna tiene mas ó ménos longitud que el sol) de la de este astro,

calculada por estima para la hora del meridiano del Almanak; pero en lugar de dividir la diferencia entre la longitud calculada de la luna, y su longitud deducida de la observacion por el movimiento horario de la luna respecto á las estrellas, como en el caso precedente, se la divide por la diferencia de este movimiento horario y el del sol, porque la cantidad que la luna se aparta del astro luminoso en un cierto tiempo no es proporcional á su velocidad sola, sino al exceso de ella sobre la del sol.

263 Quando la distancia de la luna á una estrella es muy corta, por exemplo de 7 ú 8°, no basta tomar la altura de estos dos astros con la sola aproximacion de 7 ú 8′, como hemos dicho se podia hacer, porque siendo entónces comparables los errores en los lados Z *e* y Z *l* (*fig. 57*) á la distancia *e l*, el cálculo de los ángulos Z *e l*, Z *l e* podria resultar muy defectuoso, y las correcciones *e q*, *s l* que se deducen para la distancia, muy inciertas. Mas si las circuntancias no permiten mayor precision en la medida de las alturas, entónces para corregir la distancia se recurrirá á otros medios que se enseñan en los tratados profundos de astronomía.

264 El método de las *distancias lunares* se ha simplificado mucho, despues que en las Efemérides astronómicas, y en el mismo Almanak español, se ponen tablas calculadas de las distancias orientales y occidentales de la luna al sol y á algunas estrellas principales en cada dia del mes, y de 6 en 6 horas; pues con el uso de estas tablas, despues de corregir de los efectos de refraccion y paralaxe la distancia que se observare, se compara con las del Almanak de aquel

dia entre que medie, y por una simple proporcional se averigua la hora verdadera del meridiano de las tablas en el momento de estar los astros en la distancia observada, para compararla con la hora del parage donde se observa, y tener por conseqüencia la diferencia de longitud. — En el mismo Almanak de la isla de Leon hay tambien tablas para reducir sin cálculo la altura aparente de la luna á verdadera, ó para hallar la diferencia de la paralaxe de altura y de la refraccion, y se incluyen algunas prevenciones importantes para los observadores de *distancias*, que deben tenerse muy presentes en la práctica.

265. La principal ventaja de las observaciones lunares para determinar la longitud terrestre, nace, como ya insinué (*241*), de la rapidez del movimiento de este satélite en su orbita, pues ella hace mucho ménos considerable el efecto de los errores de la observacion en la conclusion de las diferencias de meridianos; porque si se ha equivocado, por exemplo, el observador en un minuto de grado sobre la posicion de la luna, el instante que se cuenta en Madrid, por exemplo, en el momento de la observacion, no será exâctamente la hora que aparece por el cálculo, sino esta hora *mas* ó *ménos* el tiempo que la luna emplea en andar un minuto en su orbita. Y como este tiempo no pasa de unos $2'$, se sigue que no ha habido equivocacion de $2'$ de tiempo en la hora que se cuenta en el meridiano de las tablas quando se verificó la observacion, y esta diferencia produce $30'$ de grado de error en su longitud; pero si la luna en lugar de emplear dos minutos de tiempo para andar un minuto de grado en su orbita, emplease 13 ve-

ces mas, como le sucede al sol, entónces el error en la longitud sería tambien 13 veces mayor que 30′. De aquí se infiere, que las observaciones del sol y de los planetas de ningun modo son propias para la determinacion de las longitudes; y que si la tierra tuviese un satélite aun mas cercano que la luna, y que girase por consiguiente con mas rapidez, las observaciones de este cuerpo celeste serian tanto mas útiles que las lunares, quanto su movimiento fuese mas rápido. En esto tiene el planeta Júpiter gran ventaja sobre la tierra; porque su primer satélite hace su revolucion en un dia $18^h$ 2′.

266 Todavía se puede averiguar la diferencia de meridianos entre dos puntos terrestres por otro medio, á saber, por un relox que conserve exâctamente sin desarreglo la hora del lugar de donde salió un viagero ó un navegante. Este método para el uso diario es de primera necesidad, y el mas fácil y exâcto, porque en todos los medios que da la astronomía, especialmente en el de las *distancias*, que es el mas practicable, son menester muchos cálculos, y se supone el conocimiento exâcto de los movimientos de la luna; y así los resultados nacen de elementos diferentes, acumulándose en ellos por consiguiente los errores de observacion, de los elementos empleados y del cálculo, y dependiendo las determinaciones de la experiencia y destreza del calculador y del favor del cielo, que no siempre está propicio á la astronomía. Pero si suponemos construido un excelente relox, que por la exâctitud y regularidad de sus movimientos continúe señalando las horas con grande precision, es claro que á qualquier lugar que se le

lleve indicará siempre qué hora es en el pueblo donde comenzó á señalarlas, si no se ha parado en el camino. Supongamos que con este relox, arreglado en Cádiz, emprendemos un viage: si en el camino no se ha desarreglado, quando lleguemos á otro lugar qualquiera, por exemplo, á Brest, marcará siempre la misma hora que si no le hubiéramos sacado de Cádiz. Observando en Brest que quando el sol pasa por el meridiano, ó es allí medio dia, el relox señala $11^h\ 52'\ 58''$, se sigue que este pueblo tiene su medio dia $7'\ 2''$ mas pronto que Cádiz. De donde se infiere que Brest está al E. del meridiano de Cádiz, y que Cádiz tiene una longitud mas occidental que Brest $1°\ 45'\ 30''$; porque supuesto que el sol anda $360°$ en $24^h$, y $15°$ en $1^h$, debe andar $1°\ 45'\ 30''$ en $7'\ 2''$ de tiempo. Igual determinacion podriamos hacer en qualquier otro punto de la superficie del globo al occidente ó al oriente del primer meridiano que hayamos escogido. Siempre podremos hallar la longitud de una nave en medio de la vasta extension de los mares ó del punto de la tierra donde se halle un viagero, por medio de estos reloxes que no sufran desarreglo ni en la faltriquera del caminante, ni aun en las embarcaciones, á pesar de los diferentes movimientos de balance y cabezada. No nos extrañemos, pues, de los considerables premios y estímulos que los gobiernos han propuesto á los artistas para conseguir la perfeccion en estas máquinas tan importantes, sobre todo en la mar (1). Harrison, simple carpintero de una pro-

(1) El mas considerable premio fué el ofrecido por el Parlamento de Inglaterra en 1714 de cerca de 1.880000 reales vellon, cuya mitad se adjudicó á Harrison quando

vincia de Inglaterra, pero dotado de aquel espíritu de invencion que perfecciona rápidamente las artes, Julian le Roy (el hijo), Fernando Berthoud y Breguet en Francia, y otros artistas mas modernos de Inglaterra, han conseguido en esta parte el mas feliz éxîto. Los *relojes marinos*, *cronómetros ó guardatiempos*, aun aquellos que no exceden del volúmen de los reloxes ordinarios de bolsillo, tienen un grado de perfeccion inesperado, y han servido y sirven utilísimamente en expediciones geográficas por tierra, y en importantes navegaciones.

267 Mas por grande que sea la utilidad de los reloxes, es preciso usar de ellos con prudencia, y no mirarles como medio único; pues muchos accidentes que pueden acontecer, desarreglan estas máquinas: y aun aquellas que se han construido con mas cuidado, y son mas seguras por sus principios, siempre estan sujetas á alguna irregularidad en su marcha; y estas irregularidades se acumulan con el tiempo, y pueden producir errores mas ó ménos considerables. Sobre todo en mar, la seguridad de las embarcaciones y de los equipages exîge que se empleen los reloxes y los métodos astronómicos, estos para los viages largos, y aquellos para las travesías pequeñas y los pormenores de la ruta. Las observaciones fixarán épocas en la duracion de un gran viage, y serán garantes de la fidelidad de los reloxes. Pero sobre su combinacion con las observaciones astronómicas, y las muchas precauciones que se deben guardar en el uso y manejo de los cronómetros, puede verse, lo que nuestro plan

despues de 40 años de meditacion y de ensayos presentó su relox al exámen y pruebas mas decisivas.

no nos permite explicar, en el *Tratado de Navegacion* de Don Josef Mendoza y Rios, ó en la *Memoria* citada de Don Dionisio Galiano.

## LECCION XII.

*Correccion de los rumbos aparentes en la brúxula, y uso de este instrumento para las marcaciones geográficas y levantamiento de planos topográficos. Utilidad del sextante para iguales operaciones. Construccion, usos y manejo del globo terrestre artificial.*

268 Supuesto que la aguja por lo comun no señala exâctamente el Norte (*12*), y que la astronomía da medios para conocer la cantidad de su desvío del verdadero meridiano ó su declinacion (*176*), es preciso corregir los rumbos aparentes que señala, quando se haya de hacer uso de las observaciones de la brúxula, sin cuya circunstancia serian erróneos los resultados. Supongamos, por exemplo, que gobernándonos en mar ó en tierra por una brúxula cuya declinacion fuese de 11° 15′ al N. E., creyésemos seguir el meridiano. Es evidente que en vez de caminar al N. habríamos andado realmente al N. ¼ N. E. Por la misma razon los rumbos de la aguja á la parte del E. se habrian alejado del verdadero N. y aproximado al Sur, de modo que en vez de seguir al N. E. se habria seguido el N. E. ¼ E. en vez del E., el E. ¼ S. E. Lo contrario sucederia en los rumbos de viento que estan del lado del O., pues todos los puntos de la brúxula que hay hácia aquella parte se habrian acercado al verdadero N., y alejado del S.; así mis-

tras se creería caminar al O. descansando en la fidelidad de la brúxula, se caminaba efectivamente al O¼ NO., y creyendo seguir el NO¼ O. se seguia al NO.

269 Es, pues, preciso corregir el efecto de la declinacion despues de haber hecho alguna marcacion ó seguido una ruta, gobernándose por la brúxula; pero á veces se quiere prevenir el error. Si nos propusiésemos, por exemplo, seguir exâctamente cierta direccion, ó conocer el camino por donde debiamos llegar á algun punto, sería preciso tomar precauciones contra la declinacion. Queriendo ir exâctamente al SSE. siendo la declinacion de 5° 18′ NE., no se debe seguir al S. S. E. de la brúxula; pues entónces se caminaria efectivamente al SSE. 5° 18′ S., sino tomar 5° 18′ al E., esto es, seguir en la brúxula el punto de la rosa correspondiente al SSE. 5° 18′ E.: y así prevenido el error que causa la declinacion, andariamos efectivamente al S. S. E. Todo esto se entenderá facilmente formando una figura circular donde esten representadas la línea *Norte Sur* del mundo y la de la brúxula con la declinacion supuesta.

270 La correccion de los rumbos aparentes se executa con sencillez por la regla siguiente, cuya verdad se conocerá con la inspeccion de la misma figura que se forme. *Añádase la cantidad de la declinacion al valor de los rumbos en el quadrante en que cae el Norte de la aguja y en el opuesto, y réstese en los otros dos quadrantes. Si en estas operaciones el resultado fuese negativo, será señal de que el rumbo corregido deberá contarse en el quadrante inmediato por el N. ó S.; y si obtuso, el suplemento*

*será el rumbo verdadero en el quadrante adyacente por el E. ú O.*

*Exemplo.* Sea la declinacion..... 18° N. O.

Rumbos aparentes NE¼ N..... = 33° 45′ S¼SE = 11° 15′
− 18° + 18°

Serán los rumbos verdaderos 1.r quad..... 15° 45′ 2.° quad. 29° 15′

*Otro.* Rumbos aparentes S¼ SO..... = 11° 15′ O¼NO = 78° 45′

Serán los corregidos 2.° quadrante..... 6° 45′ 3.° quad. 83° 15′

271 El problema inverso es de mucho uso; porque sabiendo qué rumbo verdadero conduce de un parage á otro, es despues necesario averiguar á qué rumbo de la aguja debe gobernarse para seguir la direccion precisa. Para esto se ve que no hay mas que aplicar la cantidad de la declinacion en sentido contrario al dicho en el párrafo anterior, y en lo demas observar las reglas dadas allí.

*Exemplo.* Teniendo la misma declinacion que ántes, y los Rumbos verdaderos NNE..... = 22° 30′ SE¼ S = 33° 45′
+ 18° 00′ − 18° 00′

Serán los rumbos aparentes 1.r q.te 40° 30′ 2°. quad. 15° 45′

*Otro.* Rumbos verdaderos O¼ SO.. = 78° 45′ N¼NO = 11° 15′
+ 18° 00′ − 18° 00′

96° 45′

Serán los rumbos aparentes 4.° q.te 83° 15′ 1.r quad. 6° 45′

272 Con la brúxula, freqüentemente corregida su declinacion, se pueden reunir los datos precisos para formar un mapa corográfico, ó la descripcion cumplida de una provincia. De esta manera se formó en el siglo XVII el mapa de Aragon, que en la parte descriptiva es acaso el mas exâcto de quantos poseemos pertenecientes á la península. Su autor Juan Bautista Labaña unía con el reconocimiento topográfico del terreno, del curso de los rios y de las cordilleras de las montañas, las observaciones de la aguja para situar astronómicamente los puntos principales. Para esto fixó primero la latitud y longitud de Zaragoza por alguno de los métodos que se han explicado, aunque con instrumentos mas imperfectos; y despues en el discurso del viage marcaba con la aguja, casi todas las mañanas, los pueblos y puntos mas notables del horizonte desde sitios elevados. Esta operacion referida á los mismos puntos desde parages opuestos, y verificada así completamente, le daba el rumbo de unos respecto de otros, y enlazaba recíprocamente los pueblos del reyno; resultando de esta posicion y de su distancia en leguas al parage de donde se situaban, estimándola á ojo ó por informe de los naturales, su sitio respectivo; del qual, comparado con la situacion astronómica en que habia fixado la capital, deducia la latitud y longitud de cada punto observado con la brúxula. Corregia escrupulosamente la declinacion de este instrumento, y apuntaba siempre como dudosas las marcaciones, quando la atmósfera, poco favorable, confundia los objetos. — Pero donde la brúxula tiene un uso mas seguro y constante es en el levantamiento de un plano topográfico de poca extension. Por lo

mismo paso á explicar el modo de verificarlo.

273 Habiendo reconocido la extension del terreno cuyo plano se quiere formar, se escogerán en él dos puntos, como A y B (*fig.* 59), algun tanto elevados, y situados de modo que puedan ser vistos recíprocamente, medirse su distancia, y descubrirse desde cada uno de ellos casi todos los demas puntos que han de entrar en el plano. La recta A B, que junta los dos puntos escogidos, se llama *base*. Su extension depende mucho de las circunstancias de los lugares. En general la mas grande es la mejor, y desde luego conviene sea á lo ménos la 10.ª parte de la extension del terreno que se quiere describir.

274 Se principia, pues, la operacion midiendo la base, por medio de una cadena de laton, que suele tener de largo 100 pies, con sus divisiones marcadas en la misma, la qual viene á ser una parte integral de qualquier instrumento de los que sirven para levantar planos sobre el terreno. Quando fuere necesaria bastante exâctitud, el método de mayor precision es servirse de tres listones de madera, cada uno de ocho ó diez varas, los quales se tienden sobre el terreno horizontalmente en la direccion de la base al tope de sus cabezas; y levantando el primero, se coloca en igual forma y direccion despues del tercero, continuando en este modo hasta medir toda la base tomada ó que ha de tomarse. Cada uno de estos listones se hallará dividido en pies para quando se haya de medir la distancia entre dos puntos determinados; pero quando se trate de tomar una base á discrecion, será mejor que la dis-

tancia contenga un número justo de medidas ó listones.

275 En cada extremo de la base se colocará una señal que pueda ser vista de léjos, y en uno de dichos extremos se situará el observador con una brúxula, y desde allí marcará por medio de las pínulas todos los objetos notables, formando al mismo tiempo un bosquejo ó diseño imperfecto del terreno cuyo plano se quiere levantar, señalando con letras los objetos para distinguirlos al tiempo de concluir el plano. Dichas marcaciones no deben hacerse por los rumbos de los vientos, sino por grados, contándolos del N. ó del S. en la brúxula. Pasará despues al otro extremo de la base, y desde allí marcará los mismos objetos observados en la otra estacion, si fuese posible; y quando la disposicion del terreno ú otra causa no permitiese verlos todos, ó hubiese algunos objetos cuya determinacion, por estar situados demasiado próximos á la direccion de la base, fuese muy incierta, será preciso trasladarse á otro punto ya marcado desde los extremos de ella, y desde el qual se observarán todos los objetos que no hayan sido vistos sino desde una de las dos estaciones, ó que se hayan marcado muy obliquamente en los extremos de la base. Desde esta tercera estacion pueden tambien observarse otros objetos nuevos que no lo hayan sido en las anteriores, pero que puedan verse desde algun otro punto ya marcado dos veces, y desde el qual vuelvan á marcarse de nuevo. De este modo continuando de estacion en estacion se llevarán las marcaciones tan léjos como se desee, siempre que la base sea de una extension proporcionada, y que los dos puntos desde don-

de se marque un objeto, no esten muy cerca de la direccion de este mismo objeto. Hagamos aplicacion á un exemplo.

276 Sea A B la línea de la base: medida esta, colóquese el observador en un extremo A, desde el qual marcará los objetos notables que sean visibles de este punto; y suponiendo ha observado los objetos Q. P. K. O. F. E. los anotará de este modo.

*Marcaciones de los objetos.*

| | *En la brúxula.* | *Corregidas de la declinacion.* |
|---|---|---|
| Un islote de arena Q... | 40° SO..... | 28° SO. |
| Una punta saliente de arena P..... | 1° SO..... | 11° SE. |

Y seguirá de este modo anotando todos los objetos, y corrigiéndolos de la declinacion que en este exemplo se ha supuesto de 12° NO, ántes de poner su plano en limpio. Despues pasará al otro extremo B de la base, marcará los mismos objetos que observó desde el punto A, y los demas que se descubran; y suponiendo que observó los objetos Q. P. F. S. U. T. D., los anotará como en la forma anterior: y pues que en la estacion A no ha podido observar el objeto S, ni los T. U. D., porque su próxîma situacion á la direccion de la base hacía indecisa su posicion, convendrá se traslade el observador á otro objeto, como F, ya observado en las dos estaciones A y B, y desde este punto marcará todos los objetos que no hayan sido observados sino en una estacion, como los K. O., y los que hayan sido vistos muy obliquamente desde la base, como los T. U. D., marcando

tambien los que no han sido enfilados desde otros objetos, como G, lo qual anotará en su borrador del modo dicho.

277 Así, despues de haber marcado desde dos lugares diferentes todos los puntos que quiere colocar sobre su plano, y haber corregido estas marcaciones de la declinacion de la brúxula observada sobre los mismos lugares, si es posible; se principiará á disponer el plano verdadero, construyendo una escala que debe representar las varas de las distancias mútuas de los objetos, y que por consiguiente debe ser proporcionada á la extension del terreno y á la del papel en que se va á trazar el plano. V. g., si el terreno de la figura encerrase un espacio de cerca de 14000 varas de largo sobre 7000 de ancho, y el papel tuviese 20 pulgadas de largo sobre 15 de ancho, se dividirán las 14000 varas por 20, y el cociente 700 manifestará que una pulgada de la escala debe representar 700 varas del terreno, y consiguientemente que 100 varas deben notarse por una extension de 1,8 línea, y 100 toesas por 4 líneas. Con estos datos, para construir la escala tírese sobre el papel una recta, y tomando con el compas la extension de 4 líneas, señálese sobre dicha, y divídase esta extension en 10 partes iguales, y cada una de estas representará 10 toesas ó 23 varas; tómese luego una abertura de compas igual á dicho espacio de 100 toesas, y señálese sobre la recta 10, 20, 30 &c. veces, con lo que se tendrá una escala de 1000, 2000, 3000 &c. toesas, ó de las varas que corresponden, como se ve en la figura.

278 Construida ya esta escala, se situará el

punto A sobre el papel, y se hará pasar por él una recta para representar la línea Norte Sur; y haciendo uso del transportador, colóquese su centro sobre la línea Norte Sur, y señálense sucesivamente con un lápiz por las divisiones de la circunferencia del transportador todos los puntos que corresponden á las marcaciones hechas en el punto A. Levantando luego este círculo, se tirarán por A y por todos los puntos señalados líneas rectas, que representarán los alineamientos de los objetos vistos desde el punto A. Tómese despues sobre la escala el número de toesas ó varas igual á las de la base medida, y señálense desde A sobre el alineamiento de la base, lo que dará el punto B. Por este punto así determinado tírese una recta Norte Sur, que no será otra cosa que una paralela á la que pasa por el punto A. Colóquese el centro del transportador sobre B, y haciendo las mismas operaciones que anteriormente, para tener las líneas tiradas desde B segun las direcciones de los objetos marcados en este punto, se encontrará entónces sobre el plano la posicion de cada uno de los observados desde las dos estaciones A y B, en el parage en que se crucen los alineamientos correspondientes de los objetos.

279 Execútese igual operacion en cada una de las otras estaciones que se hayan hecho, por exemplo, en el punto F colocado ya sobre el plano por la interseccion del alineamiento tirado desde A con el tirado desde el punto B, y tírense del mismo modo desde F todos los alineamientos de los objetos marcados en este punto, con lo que se tendrán determinados en el plano los puntos V. S. O., y los D. T. E. quedarán mejor situados que si se hubiesen colocado por

solo las marcaciones hechas en A y en B; y continuando de este modo, se conseguirá trazar en el papel el plano del terreno que se pretendia describir (1).

2.º Quando el sextante va acompañado de dos niveles, como los tiene el de mi cátedra, uno fixo, sobre el pie (*fig. 61* *) y otro movible que se acomoda al cuerpo del instrumento (*fig. 62* *), puede ponerse horizontal en ámbos sentidos, ó asegurarse el observador de su posicion respecto de la vertical, y hacerle servir utilísimamente para muchas resoluciones curiosas en el levantamiento de un plano topográfico. Desde luego, medida una base (*274*) puede hallarse con él la distancia de un objeto terrestre por observaciones hechas desde los dos extremos. Póngase para esto el observador en el un extremo de la base con el instrumento perfectamente horizontal, y mirando por vision directa al otro extremo, moverá la alidada puesta exâctamente en *cero*, ó principio de la graduacion, hasta que el objeto, cuya distancia angular quiere medir, venga por reflexîon á coincidir ó confundirse con dicho extremo, y el número de grados y partes de grado interceptado entre la actual posicion de la alidada y la que tenia al principio, dará el ángulo en la primera estacion. Repetida la misma operacion en el otro extremo, resultará tambien el ángulo en la segunda. Sea por exemplo (*fig. 60*) F el objeto, A

(1) Si en vez de la brúxula ó aguja de marcar sola se acompañase el observador en estas operaciones con el *teodolito*, instrumento que mide con mucho rigor y delicadeza los ángulos sobre el terreno y las alturas de qualquier clase, los resultados serán mas exâctos y seguros. La descripcion del *teodolito* pertenece esencialmente á un tratado de Geometría.

y B los dos extremos de la base, distantes entre sí 880 pies; el ángulo observado en A de 83° 45′, y el observado en B de 85° 15′. Con estos datos réstese de 180° la suma de los dos ángulos observados, y la resta será el ángulo baxo el qual se ven desde el objeto los dos extremos de la base, ó el ángulo en F. En nuestro caso será de 11°, pues esta es la cantidad que resulta restando de 180° el valor ó la suma de los dos ángulos A y B, que asciende á 169. Ahora se dirá:

El sen. del ángulo F 11° 0′..... 9,2805988
es al sen. del ángulo A..... 83° 45′.... 9,9974110
como la base A B.. 880 pies..... 2,9444827
es á la distancia B F del objeto F al extremo B..... 4584,5 pies. 3,6612949 (1).

281 Se averiguará tambien con el sextante la altura de una pirámide, torre, montaña ú otra qualquiera elevacion, bien sea posible medir la distancia DE del punto D al punto E que está inmediatamente debaxo de la eminencia (*fig. 61*), ó bien no pueda medirse esta distancia. En el *primer caso*, puesto el sextante en posicion perfectamente vertical por medio de los niveles, de manera que el plano del anteojo sea paralelo al horizonte, se observará el ángulo CDE, que estará marcado sobre el limbo quando la cima del objeto cuya altura se quiere medir, venga á presentarse en el centro del anteojo, estando al principio la alidada en cero, y moviéndola lue-

(1) En casos de distancia muy corta puede muy bien aplicarse este problema á una línea medida dentro del quarto que sirva de base, y la observacion tomada por las ventanas.

go para inclinar lo necesario el espejo grande; mídase tambien con cadena la distancia horizontal DE. Supongamos que el ángulo CDE sea de 47° 30′, y la línea DE de 100 pies. Diremos

Como el radio..... 10,0000000
es á la tang. CDE = 47° 30′... 10,0379475
como la distancia medida DE = 100 pies.... 2,0000000
es á la altura pedida = (1)..... 109,5 pies... 2,0379475.

En el *segundo caso* se hallará la distancia por el método dado (280), y la altura como en el caso primero; ó si no mídase una base DC (*fig.* 62) directamente hácia el objeto, y tómese su altura desde cada uno de los dos extremos de esta base. Si DC consta de 100 pies, el ángulo observado en C de 32°, y el observado en D de 58, restando la altura menor de la mayor, la diferencia será el ángulo B de 26°. Entónces sacaremos la altura de la torre así.

Como el sen. de la diferencia..... 26°..... 9,6418420
es al sen. de la altura menor..... 32°..... 9,7242097.
así la base..... 100 pies.... 2,0000000
es á la distancia directa entre la cima y el extremo de la base, mas distante..... 2,0823677.

Y luego

Como el R ó ángulo A = 90°..... 10

(1) A esta altura se añade luego la altura del ojo en el momento de la observacion, ó la altura del instrumento, porque el punto E no se puede tomar qual conviene sobre el suelo, sino en la visual del observador, que es siempre una paralela á la superficie horizontal.

es al sen. de la altura
mayor BDA..... 58°..... 9,9284205 .
así la distancia hallada DB..... 2,0823677
es á la altura pedida
BA = 102,51 pies..... 2,0107822 (1).

282 Con el sextante que vaya acompañado del aparato de niveles descritos se pueden tomar alturas absolutas de sol en tierra, sin horizonte artificial. En efecto, puesto el instrumento sobre su pie en posicion perfectamente vertical por medio de los niveles, los dos hilos del anteojo (52) quedan entónces paralelos al horizonte, y expresan la línea horizontal; moviendo despues la alidada hasta que la imágen del sol, vista por reflexion, ó pintada sobre el espejo grande, venga á colocarse entre los dos hilos del anteojo, el arco interceptado en el limbo entre el *cero* y el punto adonde la alidada haya llegado, será la altura absoluta del sol sobre el horizonte. Tomando así las alturas astronómicas se evitan los errores que á veces nacen de algun pequeño defecto ó imperfeccion del horizonte artificial; pero tambien este disminuye los que provengan de qualquier otra causa, pues siendo alturas dobles las que con él se miden (45), solo queda en el resultado la mitad de los errores que de qualquiera manera hayan influi-

(1) El primer método de resolver este caso es en general el mejor en la práctica, porque es mucho mas fácil hallar una base suficientemente larga y horizontal entre dos extremos casi equidistantes de la eminencia, como exige el primer método, que en direccion hácia ella, pues el terreno por lo comun se eleva irregularmente hácia las montañas: y aun quando sea una torre el objeto, cuya altura quiera averiguarse, si la diferencia entre los dos ángulos C y D no es muy considerable, el resultado saldrá erróneo por un pequeño descuido en la observacion.

do en la observacion. De todos modos siempre es muy apreciable el que por el uso de los niveles proporcione el sextante la medicion de las alturas de astros, aun sin horizonte artificial, en muchos casos en que este falta ó se echa á perder.

283 Descrito nuestro planeta, fué preciso representarlo. Los *globos* constituyen las mejores representaciones de la tierra, porque ofrecen el *relieve*, y por consiguiente son las únicas que pueden dar al mismo tiempo, baxo la forma mas sencilla, las relaciones de la magnitud, distancias y configuraciones de todas las regiones terrestres. El modo mas sencillo y exâcto de construirlos, quando tienen grandes dimensiones, como sucede en el de la cátedra de Geografía del Seminario, es pintando inmediatamente sobre su superficie los paises que deben representar por los métodos de la *Geografía matemática y crítica* de Lacroix, de cuyo precioso libro me he valido freqüentemente en muchas de las demostraciones pasadas.

284 Supongo que ántes de todo se habrán fixado dos puntos diametralmente opuestos para representar los polos, y hacer pasar por ellos el exe de rotacion. Tomando uno de estos puntos por centro, y á igual distancia de ámbos, se describirá un círculo, que será el *equador* (1);

(1) Hay muchos modos de trazar un círculo máxîmo sobre un globo. Puede servir para ello un compás, del qual una de las piernas sea muy corta, y la otra mas larga esté encorvada, de modo que cayga casi perpendicularmente sobre la superficie esférica. Un hilo tendido libremente entre dos puntos y el borde de una regla recta y flexible fixado sobre estos puntos, indicarán su mas corta distancia, y por consiguiente tomarán la direccion del círculo máxîmo que determinan. Por este medio se puede trazar muy sencillamente qualquiera círculo máxîmo quando

se trazará por los polos otro círculo máximo para representar el *primer meridiano*, el qual se dividirá en 90°. desde el punto de su interseccion con el equador hasta cada polo; y finalmente se dividirá la circunferencia del equador de grado en grado desde el punto en que se corta con este primer meridiano. Entónces será muy fácil colocar en el globo un lugar cuya longitud y latitud esten averiguadas; pues bastará señalar la latitud sobre el primer meridiano, describir por el punto adonde corresponda, tomando el polo por centro, el paralelo al equador que pasa por el lugar propuesto, y tirar despues por el punto del equador, sobre el qual cae la longitud y por los polos un semicírculo, que será el meridiano particular. La interseccion del meridiano con el paralelo será el punto del globo donde debe situarse el lugar de que se trate.

285 Quando se han situado en el globo por sus longitudes y latitudes todos los lugares respecto de quienes se han podido conseguir estas determinaciones, y que son ordinariamente las capitales de los estados y de sus grandes subdivisiones, los puertos mas frequentados, ó finalmente los puntos que fixan la extension y los límites de las principales sinuósidades de las costas marítimas, solo falta llenar los espacios intermedios, acabando el contorno de las fronteras

se sabe por qué dos puntos debe pasar. — Se puede levantar un círculo máximo perpendicular á otro, determinando dos puntos á igual distancia de otros dos tomados sobre el círculo máximo propuesto; pues es cierto que el círculo máximo que pase por los dos puntos así determinados, pasa por los polos del primero. Estos procedimientos deducidos de las primeras propiedades de la esfera, bastan para trazar todos los círculos necesarios en la construccion de los globos.

de los paises y el curso de los rios con arreglo á algunos diseños trazados sobre superficies planas y por operaciones geométricas, ó construidos por relaciones de los viageros, como se verá mas adelante. Las sinuosidades de las costas quedarán suficientemente indicadas con solos aquellos puntos cuya posicion se ha determinado rigurosamente; y ademas en las lecciones en que se hable de la construccion de cartas, se manifestarán los métodos que sirven para dar á esta operacion toda la exâctitud que se puede desear.

286 El primer uso que puede hacerse del globo es el de *determinar la distancia de un lugar á otro, y las extensiones respectivas de los diversos paises.* Como la mas corta distancia de dos puntos sobre una esfera se mide por el arco del círculo máxîmo que les une, para hallarla en el globo se tomará con un compas la abertura del arco comprehendido entre los dos puntos, y se verá el número de grados que comprehende, en el meridiano ó en el equador. — La extension de un pais trazado en el globo se medirá cómodamente, concibiendo su superficie dividida en quadriláteros por algunos meridianos y paralelos tirados ó de 10 en 10 ó de 5 en 5°, ó en general bastante cerca para que la línea irregular, que sirve de límite á esta region, no corte en los quadriláteros por donde pasa mas que partes cuya relacion con el quadrilátero entero pueda estimarse fácilmente, lo qual exîge que cada quadrilátero sea muy pequeño. — La extension superficial de un quadrilátero comprehendido entre dos meridianos y dos paralelos, se calcula fácilmente determinando primero la extension de la zona comprehendida entre

los dos paralelos, y despues la de la parte comprehendida entre los dos meridianos supuestos. La zona es á la area de la esfera, como la distancia de los paralelos que la terminan es al diámetro; y esta distancia corresponde sobre el diámetro á la diferencia de los senos de las latitudes de cada paralelo, segun se ve en la línea C K (*fig.* 20), diferencia entre C P y K P.

*Exemplo.* En la zona comprehendida entre los 48 y 49° de latitud, en la qual se hallan Paris y sus cercanías,

siendo el sen. de 49°..... 0,755
y el de..... 48 ..... 0,743

la diferencia..... 0,012

reducida á la mitad 0,006 hace ver que esta zona comprehende los $\frac{6}{1000}$ ó $\frac{3}{500}$ de la area total del globo, y estando esta estimada en 16502400 leguas quadradas (*63*), se infiere que aquella zona encierra 99014 leguas quadradas. La parte de esta zona, comprehendida entre los dos meridianos dados, tiene visiblemente con la zona entera la misma relacion que la diferencia de longitud de los dos meridianos con la circunferencia entera. Por consiguiente resultará el quadrilátero terminado por dos meridianos distantes un grado, y por los paralelos 48 y 49, tomando la 360.ª parte del número 99014 que compone la area total de la zona, es decir, que la extension superficial del quadrilátero será de unas 275 leguas quadradas. —Este cálculo hecho para un quadrilátero que comprehenda un grado de longitud en cada zona y un grado de latitud, daria una serie de resultados suficiente para valuar casi al gol-

pe, ya en el globo, ya en las cartas, la extension de cada region terrestre.

287 Para situar cómodamente un globo y variar sus usos, se fixa, ántes de todo, su exe en el diámetro de un círculo A B de carton ó cobre, dividido en grados, y que representa el plano de qualquier meridiano celeste (*fig.* 21*). Este círculo se encaxa en otro H O unido con el pie E K, que se llama *horizonte*; porque si se varía la inclinacion del exe terrestre sobre su plano, puede representar el horizonte de qualquier lugar de la tierra. En esta máquina así compuesta, el globo gira sobre su exe independientemente de su *meridiano*, que permanece fixo, y por cuyo medio pueden ponerse los polos PP' en la situacion que se quiera respecto al horizonte. El exe del globo lleva una aguja X, que gira con él sobre un quadrante DC, cuyo centro ocupa el polo, y que está dividido en 24 partes ú horas, que empiezan á contarse desde el plano del meridiano. Algunas veces se pone en el pie del instrumento una brúxula M N, como la tiene el del Seminario, para que pueda orientarse el globo, es decir, ponerse sus polos en el plano en que se hallan los de la tierra (1). Con el objeto de facilitar en los globos algo crecidos la medida de las distancias, se suele acompañar su armazon con un arco de círculo máximo movi-

(1) Para esto es menester conocer la declinacion de la aguja imanada, para el tiempo y lugar propuestos, por exemplo, para Madrid, que ahora es de unos 19° NO (1790). Entónces se moverá el pie del globo hasta que la aguja caygа sobre los 19° de la brúxula al occidente; con lo qual su linea principal, que está señalada con una flecha, y que debe ser paralela al meridiano del globo, se dirigirá exáctamente de Norte á Sur, y los polos del globo mirarán directamente á los de la tierra.

ble V R, que puede fixarse en qualquier punto del meridiano, y aplicarse exâctamente á la superficie del globo. Llámase este círculo *vertical* ó *círculo de alturas*, porque poniendo su punto V de union con el meridiano, á 90° del horizonte, da la distancia de este círculo á cada uno de los puntos por donde pase, distancia que sería la altura de un astro situado verticalmente sobre este punto.

288 Entre el gran número de qüestiones ó problemas que pueden resolverse con estos instrumentos (1), las principales son las siguientes. Se halla la latitud de qualquier pueblo dando vuelta al globo hasta que este pueblo cayga baxo el meridiano fixo, y leyendo el grado que entónces se vea señalado sobre el lugar. — La longitud del mismo se lee en el equador en el punto sobre que pasa el meridiano. — Recíprocamente se halla la posicion de un lugar quando se conocen su longitud y latitud, trayendo debaxo del meridiano el punto del equador que tiene esta longitud, y contando en el mismo la latitud dada con su denominacion; el punto donde se determina esta corresponde en el globo al que se busca. — Se averigua qué hora es en un pais quando es medio dia en otro, poniendo á este último baxo el meridiano despues de fixar en las 12 horas la aguja del quadrante que rodea el polo, y haciendo girar al globo hasta que el lugar cuya hora se busca, haya llegado al meridiano; la aguja señalará entónces sobre el quadrante la hora pedida, que será *de la tarde* si

(1) El aficionado á esta clase de resoluciones podrá recurrir á la obra de La Marche, intitulada *Usage des globes*.

se ha movido el globo al oriente, y de la *mañana* en el caso contrario.

289 Puede conocerse la duracion del mayor dia para todos los puntos de un hemisferio, por exemplo del septentrional, poniendo el meridiano de modo que el borde del círculo polar ártico se roce con el horizonte del globo, pues este representará entónces el círculo de iluminacion (*131*). Si se trae al meridiano qualquier punto del hemisferio propuesto, fixando la aguja del quadrante polar á 12 horas, y se da vuelta al globo hácia el oriente hasta que el punto en qüestion entre en el horizonte, la aguja se detendrá en la hora á que este punto pasa de la parte iluminada á la parte obscura, que es la de ponerse el sol; y el número de horas interceptado en el quadrante entre las 12, y la que señale entónces la aguja, será la mitad de la duracion del dia máximo de aquel pueblo. Poniendo el polo mas cerca del horizonte, ó aun debaxo de él, todo lo que la declinacion boreal del sol sea menor de $23°\frac{1}{2}$, ó la austral vaya llegando á esta cantidad, se dará al *terminador* la posicion que toma el círculo de iluminacion en los dias que preceden y siguen á los solsticios, y se averiguará, como en el caso del dia máximo, la duracion de un dia qualquiera en cierto pais. —Es de advertir que en esta posicion del globo todos los puntos que se hallan al mismo tiempo en el borde occidental del horizonte, son los que pasando simultáneamente de la parte obscura á la iluminada, ven nacer al sol en el mismo momento; los que estan en el borde oriental le ven ponerse en el mismo instante; y pasa entónces por el meridiano para todos aquellos que se encuentran

á la sazon debaxo de este último círculo.

290 Se marca por lo regular sobre el horizonte de los globos la direccion de los vientos respecto de la línea meridiana, y los nombres que se les dan; por consiguiente se puede conocer la posicion de un lugar respecto al sol, en el momento en que este astro parece que nace ó se pone, observando por qué punto del horizonte pasa el lugar propuesto de la parte obscura á la iluminada, y *vice versa*. Tomando la indicacion contraria se tendrá la situacion del sol respecto al meridiano del lugar.

291 La qüestion anterior (289) no se resuelve ordinariamente como se ha hecho, pues lo comun es seguir las apariencias, en vez de establecer el estado real de las cosas; pero parece preferible este último método, porque sirve para representar físicamente todo lo que se ha dicho (131). —Si ponemos el globo en un parage obscuro, y lo iluminamos con una luz fuerte, que corresponda perpendicularmente al centro del horizonte, y esté á distancia algo considerable respecto del diámetro del globo, se presentarán á la vista los mismos fenómenos que produce el sol durante la rotacion de la tierra, relativamente á las diversas posiciones que toma el exe terrestre respecto á este astro. —En general, si conociendo la declinacion de un astro, elevamos el polo de la misma denominacion sobre el horizonte del globo una cantidad igual á la declinacion, este círculo separa el globo en dos partes, una de las quales es la que goza de la presencia del astro, y la otra es en la que no se le ve; por consiguiente nos podemos servir de este medio para hallar los lugares en que un astro de po-

sicion conocida es visible en cierto instante.

292 La distancia de dos lugares se mide poniendo uno de ellos debaxo del meridiano, trayendo luego encima el ajuste del círculo de alturas, y haciendo girar este círculo al rededor de su ajuste hasta que pase por el otro punto propuesto. El número de grados y partes de grado que corresponde este punto, reducido á medidas itinerarias, dará la distancia pedida. — Si quiere averiguarse sobre qué alineamiento está uno de estos lugares respecto á la meridiana del otro, se pondrá el globo de manera que el segundo punto corresponda al centro del horizonte, es decir, se *rectificará* para este punto; lo qual se consigue tomando su latitud, y moviendo al meridiano en sus encaxes con el horizonte, hasta que la elevacion del polo mas próximo sea igual á esta latitud, y entónces el horizonte, respecto al globo, se halla en la posicion que ocupa en la tierra el horizonte racional del lugar propuesto. Rectificado el globo, se trae á este lugar el ajuste del círculo de alturas, y se hace luego pasar el mismo círculo por el primer punto; despues se cuenta el número de grados y partes de grado comprehendidos en el horizonte desde el punto de su interseccion con el vertical hasta el meridiano, ó por el lado del norte ó por el del mediodia; con lo qual se tiene la medida del ángulo que hace con el meridiano el arco de círculo máximo, que junta por el camino mas corto los dos puntos propuestos.

293 La question del §. 289 puede resolverse para un lugar dado en particular, substituyendo el horizonte racional de este lugar al círculo de

iluminacion que allí se consideraba. Para verificarlo se rectificará el globo para este lugar, se pondrá la aguja del quadrante polar á las 12 horas, despues se marcará en el meridiano el grado adonde corresponde la declinacion del sol en el momento propuesto, y se dará vuelta al globo hasta que el punto, que estaba en el meridiano debaxo de aquel grado, llegue al horizonte. El número de horas que la aguja haya andado sobre el quadrante será el que media entre el paso del astro por el meridiano y su orto ú ocaso, porque es claro que el punto tomado en el meridiano á la misma distancia del equador que el sol, anda sobre el globo el camino aparente de este astro. — El mismo método dará á conocer el tiempo que pasará en qualquier lugar entre el paso por el meridiano y el orto ú ocaso de un astro, cuya declinacion es conocida, pues no hay mas que señalar en el meridiano el punto que corresponde á esta declinacion. — Para averiguar la duracion del crepúsculo basta trazar por medio del círculo de alturas á 18° del horizonte por la parte inferior un *almicantarath*, y determinar el instante en que el punto tomado sobre el globo para representar al sol, llega á este círculo menor.

294 Por lo comun en el horizonte de los globos se marcan tambien los *signos del zodiaco*, y enfrente los dias del mes en que el sol corresponde aparentemente á cada grado de uno de ellos, y ademas en el mismo cuerpo del globo se traza la eclíptica con su inclinacion y divisiones correspondientes. — De esta manera es fácil averiguar en qualquiera dia del año, quales son los paises donde el sol no se pone por primera vez, es decir, dónde su centro está en el

horizonte á media noche, y quánta es la duracion del dia continuo en ellos. Señálese para esto el punto de la eclíptica donde está el sol el dia dado, y la declinacion de este punto será el complemento á 90° de la latitud de los paises que se buscan. Por exemplo, el 11 de Mayo el sol tiene 18° de declinacion boreal; luego los paises que tienen 72° de latitud ven al centro del sol en el horizonte á media noche; pues su distancia al polo, que es de 72°, complemento de 18, es igual á la elevacion del polo sobre el horizonte. En todos los dias siguientes el sol permanecerá en el hemisferio superior, y no se pondrá; porque aumentándose su declinacion se alejará mas y mas del equador; y aun quando despues del solsticio venga acercándose á este círculo, no llegará su centro á ocultarse en el hemisferio inferior hasta despues del 11 de Agosto, dia en que siendo de nuevo su declinacion boreal = 18°, dista otra vez tanto del polo como este del horizonte; contando los dias que hay desde 11 de Mayo hasta 11 de Agosto, se inferirá que la duracion del dia continuo en los paises situados á 72° de latitud es de 3 meses y 2 dias, y que por consiguiente aquellos pueblos estan en el tercer *clima de mes* (194). — Por la misma razon el dia 13 de Noviembre, en que el sol tendrá una declinacion austral, igual á 18° ó al complemento de la latitud boreal de dichos paises, el sol ya no se les dexará ver, y será el último dia de su aparicion sobre el horizonte, durando la noche continúa hasta el 28 de Enero siguiente; en cuyo dia comienza de nuevo el centro del sol á dexarse ver en el horizonte á medio dia, por haber llegado á 18° de declinacion.

# LECCION XIII.

*Ideas generales de la descripciou de los mares ó de la hidrografía. Mareas. Corrientes. Vientos.*

295 Echando la vista sobre un globo se ve la superficie de la tierra, que tan imperfectamente conocemos en el fondo (1), dividida en grandes trechos de tierras firmes, que llamamos *continentes*, y en grandes receptáculos cubiertos de agua, que se llaman *mares*; y así como en las partes cubiertas de agua se observan muchas eminencias de tierra, que se elevan sobre las olas, y que se llaman *islas*, tambien se observan recorriendo los continentes espacios cubiertos de agua, que son los *lagos*. Las tierras y los mares se introducen recíprocamente en el dominio ageno. Si el mar penetra en los continentes, forma *mediterráneos*, ó si es menor la extension *golfos*, *bahías*, *puertos* y *abras* (2). Quando los conti-

(1) En efecto, no conocemos de la tierra mas que su corteza ó superficie, y en las mas profundas excavaciones de minas no se ha acercado el hombre mas que $\frac{2}{2099}$ al centro.

(2) Los mares *mediterráneos* son de dos especies, unos, propiamente tales, que penetran en lo interior de las tierras, y no presentan mas que una sola *entrada* ó *estrecho* para comunicar sus aguas con la masa del océano; otros, que confinando por un lado con algun continente, no están separados por el otro de la gran masa de las aguas, mas que por una cadena de islas que dexan entre sí muchas salidas y comunicaciones. — Los *golfos* y *bahías* son las aberturas ó entradas en que el océano, sin introducirse profundamente en las tierras, y sin separar de ellas partes para formar un estanque ó receptáculo, ha ahondado la playa de los continentes y labrado sus orillas. El *golfo* es mas ancho en su entrada que en su longitud; la *bahía*, al

nentes hacen entradas muy considerables en la

contrario, mas ancha hácia el medio que en su entrada. A veces es muy difícil, y casi arbitrario, calificar de *golfo* ó de *bahía* algunas sinuosidades de la costa ú orilla marítima de los continentes; pero en general puede decirse que el golfo es una *gran bahía*, y la *bahía* un *golfo pequeño*. Como quiera, el golfo, por grande que sea, jamas podrá calificarse de mar, ni un mar interior ó mediterráneo tenerse nunca *por golfo*. — Se distinguen dos especies de *bahías*; *abiertas*, que no son mas que golfos pequeños; y *cerradas*, como la de Cádiz, que son, por decirlo así, *pequeños mares interiores*. Llámanse tambien impropiamente *bahías* algunos verdaderos *mares mediterráneos*, como se ve en nuestro globo en las *bahías de Hudson* y *Baffin*. En las descripciones muy detalladas de las costas, á veces se aplica el nombre de golfo á pequeñas entradas, no muy anchas, pero profundas á proporcion de su anchura, y encerradas entre dos puntas de tierra, como el *golfo de Spezzia* en el mediterráneo; y el de *bahías* á partes tambien pequeñas entrantes en la costa, donde la profundidad del agua y la calidad del fondo presentan buen surgidero á las embarcaciones. Quando una bahía está formada del lado de altamar por muchas islas, puede tener varias entradas, igualmente practicables para los buques, segun la direccion de los vientos. — Los *canales* hacen comunicar entre sí á dos porciones del océano, como el que separa la Francia de la Inglaterra, ó el que hay entre esta isla y la Irlanda.

Aunque los *puertos*, *abras* &c. no son mas que pequeños accidentes, que no interrumpen la parte litoral de las tierras, conviene fixar con alguna precision las diferentes calificaciones con que se distinguen estos abrigos que las costas ofrecen á las embarcaciones, porque es muy comun verlas empleadas sin exáctitud. Seguiré para esto á Fleurieu en su preciosa memoria intitulada *Division et nomenclature hidrografiques*, y pondré los nombres franceses é ingleses correspondientes para inteligencia de los viages marítimos. — *Puerto* (en frances *Port*; en inglés *Port*, *Harbour*, *Haven*, *Sea port*) en general es cierta profundidad en las tierras, donde los buques pueden estar al abrigo de los vientos y de la agitacion del mar, y donde hay bastante agua para no tocar el fondo quando se hallan armados y equipados. Un *puerto* es tanto mejor quanto ofrece mas facilidad, por la disposicion del local, para que puedan executarse con seguridad y prontitud en él los trabajos de construccion, embonada y armamento. — Puerto de *marea* (frances *d'echovage*) es aquel donde las embarcaciones no pueden entrar, y de donde no pueden salir

mar; estas se llaman *peninsulas* (antiguamente *chersonesos*), y su figura corresponde á la de los

sino en *pleamar*, porque en las horas en que el *mar está-baxo* no queda bastante profundidad de agua para sostenerse sobre ella los buques; y aun en muchos, como en casi todos los puertos del *canal entre Francia* é *Inglaterra*, quedan en seco; y no es porque en algunos no suba el mar á grandes alturas, pues en *San Malo*, que es uno de estos puertos, suben 40 pies las aguas en pleamar, y en la baxa andan los coches por la misma arena en que estan los navíos encallados. — *Puerto de barra* es el situado sobre un rio, cuya embocadura la atraviesa un *banco* de arena, ó una *barra*, en la qual no queda bastante agua en *mar baxa*, para que los navíos puedan pasar por ella; y así se ven obligados, para librar la *barra*, á esperar que este la *mar alta* y el tiempo favorable, y tal es el puerto de *Bayona* en Francia. *Puerto de rio* es el formado por la madre de un rio, que pueden subir las embarcaciones hasta una distancia mas ó menos grande de su embocadura, y donde hallan bastante agua para no encallar, como *Lóndres*, *Rochefort*, *Sevilla* &c. — Algunos puertos encierran *estanques*, y estos son de dos especies; unos abiertos, que los franceses llaman *darces* ó *darses*, los ingleses *wet dock*, y nosotros *dársenas*, como en Cartagena; y otros cerrados por puertas que no se abren mas que en *pleamar*, para hacer entrar ó salir los navios en el intervalo del fluxo al refluxo (en ingles *drydock*). Dase tambien el nombre de *diques* á los fosos abiertos en tierra á una profundidad inferior al nivel de *pleamar*, defendidos con fuertes paredes de cal y canto, y cerrados con puertas, donde se introducen los buques para embonarlos. Algunos de estos fosos, que sirven á veces para hacer construcciones enteras, no pueden contener mas que un navío solo; pero otros, como el de Cartagena, estan dispuestos para recibir muchos, que se ponen independientes unos de otros, y se aislan con puertas intermediarias. — *Abra*, aunque á veces se toma por sinónimo de *puerto*, está mas especialmente consagrado á indicar un puerto de corta extension, y que ofrece poca profundidad de agua. — *Rada* (en ingles *road* ó *sound*) es un espacio de mar comprehendido entre dos porciones de costas, situadas de modo que las embarcaciones puedan anclar allí sobre buen fondo, y sobre una profundidad de agua poco considerable, sin estar muy expuestas al viento ni á la altamar. Un *puerto*, para ser enteramente bueno, debe estar precedido de una buena *rada*, donde los navíos puedan anclar con seguridad en todas las estaciones, y esperar allí circuns-

golfos (1); pero si no son muy grandes, la extension, y sobre todo la longitud de estas entradas, se llaman *promontorios* ó *cabos*. Un canal encerrado entre dos tierras, por el qual comunican entre sí dos masas de agua, se llama *estrecho*, anti-

tancias favorables, ó para entrar en el puerto ó para tomar la mar. Distinguense las *radas cerradas*, como las que acabo de describir, las quales no presentando mas que una entrada estrecha, forman un estanque rodeado por las tierras; de las *abiertas* (en ingles *open road*), las quales son ciertas entradas en las costas, profundas, de buen anclage, abrigadas de un lado por las tierras, pero abiertas al viento y al mar del otro, y por consiguiente sin seguridad quando el viento sopla por este lado. — *Ensenada* (en frances *ance* ó *anse*, en ingles *cove* ó *bight*) es una parte de la costa donde el mar se introduce en forma semicircular, y nó con mucha profundidad. La *ensenada* se diferencia de una bahía pequeña en que la entrada ó embocadura de la primera es mas ancha, á proporcion de su extension, que la de la segunda, y en general esta es mas grande que aquella. Se llama *ensenada de arena* la que presenta en su contorno una playa de arena; y estas *ensenadas* comunmente tienen por límites dos puntas de peñas, entre las quales se extiende la playa metiéndose un poco en las tierras. — *Cala* (que los ingleses tambien llaman *cove*) es cierto abrigo en las costas, ó una entrada muy estrecha, donde las embarcaciones pequeñas y las barcas pueden, por decirlo así, colarse, refugiarse, y estar seguras en el mal tiempo. Se da tambien en las colonias francesas el nombre de *trou* (agujero) á una pequeña ensenada, en donde las embarcaciones pueden anclar. — *Caleta* (en frances *crique*, en ingles *creek*) es lo mismo que *cala* estrecha; y suele hallarse principalmente á la entrada y en las orillas de los rios, en donde se siente la marea, y en donde las embarcaciones de poca capacidad, y que tiran poca agua pueden entrar para cargar y descargar las mercancías. — Lo que los ingleses llaman *inlet* es una entrada en las tierras, ó un pequeño brazo de mar, que se introduce en ellas hasta cierta distancia de la costa; es una especie de *callejon sin salida* (*cul de-sac* de los franceses); sin embargo que alguna vez se emplea en las islas de America el nombre de *cul-de-sac* para denotar una especie de puerto. Nosotros le llamamos *ria*, como en Bilbao &c.

(1) Es muy notable que *todas las grandes penínsulas del globo se dirigen hácia el Sud.*

guamente *bósforo*; y por el contrario, á una lengua de tierra encerrada entre dos mares, y que une dos continentes ó porciones de tierra, se da el nombre de *istmo*.

296 Quando se considera el globo terrestre baxo un punto de vista general, se ve que la porcion de su superficie, destinada á ser la habitacion de los hombres, está dividida en dos continentes ó dos grandes islas, de las quales la una comprehende en sus límites á *Europa*, *Asia* y *Africa*, y la otra presenta las dos *Américas* unidas por un istmo, que resiste á la accion continua de las aguas. No hablo de las islas formadas en grupo (*archipiélagos*) ó esparcidas, que se hallan en los intervalos, pues estas no son límites del océano; algunas han sido destruidas, otras son nuevas, otras crecen y se aumentan, y la mayor parte no son en cierto modo mas que puntos en el espacio. El océano (*oceanus pater rerum*), *cuyos brazos ciñen la tierra* segun la expresion de Homero, rodea uno y otro continente con la inmensidad de sus aguas, miéntras el gran astro las atrae y las convierte en nubes para arrojarlas en lluvias y rocíos fecundadores á la tierra, donde reunidas en la madre de los rios vuelven al océano. Este es uno y universal; sus aguas de polo á polo, y en toda la circunferencia del globo se comunican y se mantienen en equilibrio; y si estan estrechadas en el Norte entre la Europa y la América, y aun mas entre la América y Asia, vuelven á juntarse y se confunden en el casquete del polo ártico; al mismo tiempo que en el hemisferio austral, donde las grandes tierras estan situadas á inmensas distancias unas de otras, ningun *estrecho* pone

obstáculos á la libre y entera comunicacion de los mares. » Así la denominacion de *océano* es co-» lectiva, y comprehende la universalidad de las » aguas que abrazan ámbos continentes. El glo-» bo terrestre no presenta propiamente mas que » dos islas y un océano; pero así como pa-» ra la facilidad de explicarse y entenderse, se » han subdividido las dos grandes islas de la tier-» ra en diferentes partes, á las quales se han apli-» cado nombres distintivos, es necesario tambien » dividir el océano, y señalar á cada una de las » divisiones un nombre, que indique su situacion » determinada respecto de los polos y del equador; » y este parece que es el mejor medio de estable-» cer una nomenclatura invariable independiente » de los hombres y de los sucesos, y que con-» venga igualmente á todos los tiempos, á todos » los paises y á todos los pueblos." *Fleurieu.*

197 Tres grandes divisiones del *océano* nos presenta desde luego la disposicion de las tierras en el globo. A la primera llamaremos *grande océano*, comprehendiendo baxo esta denominacion aquel mar dilatado, que se extiende desde el meridiano mas occidenral de la costa E. del continente de Asia, hasta el mas oriental de la costa O. de América, y desde el círculo polar ártico hasta el antártico, es decir, desde 66° longitud occidental hasta 109 longitud oriental de Madrid, y desde 66½° latitud boreal hasta igual latitud austral. Así abraza un espacio de 3500 leguas marinas de E. á O., que hacen casi la mitad de la circunferencia del globo, y 2660 de N. á S.

298 Quando los Europeos atravesáron la primera vez este gran mar, que fué despues del descubrimiento del estrecho de Magallanes, le

diéron el nombre de *mar pacífico*, bien fuese porque aquel navegante inmortal en toda su travesía por él experimentó un hermoso tiempo y vientos muy favorables, ó bien porque los españoles, que siguiéron navegando sobre estas aguas, en sus pasos habituales de México al Perú y del Perú á México, sin alejarse nunca de las costas, se hallaban detenidos por aquellas bonanzas, aquellas calmas tan comunes en la zona tórrida, de cuyos límites no pasaban; y persuadidos que en toda la extension, que no conocian, en todas las alturas y estaciones, jamas los vientos impetuosos turbaban la tranquilidad del gran mar que tiene la América al oriente, consagráron su opinion y su error por el nombre que le pusiéron de *mar pacífico*. Pero hoy seria muy impropio sostener esta denominacion, quando sabemos por experiencia que el supuesto *pacífico* es un mar sujeto, como todos los otros, a las vicisitudes del buen tiempo, de la calma y de la tempestad, segun las alturas y estaciones, y que á lo mas podia llamarse con este nombre en los parages situados entre los trópicos, donde en efecto los vientos son uniformes y las olas ménos agitadas.

299 No es ménos antigeográfica ni ménos absurda la denominacion de *mar* del *Sud*, que se ha dado igualmente hasta aquí á nuestro grande océano; pues extendiéndose hasta 6 ½° latitud N, no puede haber razon alguna para darle, aun en sus partes septentrionales, un título, que únicamente podria convenirle quando sus aguas ocupasen solo las partes mas australes del globo. Considérese al intrépido Coock luchando con las tempestades hiperbóreas, baxo el *circu-*

*lo polar del Norte*, y véase si se dirá con propiedad que navegaba por el *mar pacífico del Sud*. En verdad es difícil averiguar el motivo que tuviéron los primeros navegantes para llamar con el nombre de *Sud* el mar en que entraban despues de salir del *atlántico*; pues si entraban por el estrecho de Magallanes, no mudában de latitud á su salida, y si doblaban el cabo de Horn, extremo meridional de la América, tan léjos de hallarse mas al Sud ocupaban una latitud ménos austral en el mar en que entraban, que en la parte del otro mar de donde acababan de salir.

300 Rechazando, pues, estas impropias denominaciones, y pareciéndonos preciso no consagrar en esta obra errores ó expresiones incoherentes, hemos seguido al sábio Fleurieu, como ya lo hicímos en el *atlas español*, llamando á esta reunion de aguas, la mayor que ofrece el globo terráqueo, *grande océano*; y dividiéndole conforme á las diferentes zonas correspondientes á los diferentes círculos de la esfera celeste, que los astrónomos consideran en la tierra (*140*), hemos dado á la parte de este mar, comprehendida entre el círculo polar ártico y el trópico de Cáncer, el nombre de *grande océano boreal;* á la que se extiende entre ámbos trópicos *grande océano equinoccial*; y finalmente, desde el trópico de Capricornio hasta el círculo polar antártico *grande océano austral* (1). Aunque esta nueva division y nomenclatura se recomiendan por su misma sencillez y sa-

(1) Ténganse á la vista en la lectura de esta leccion, ó un buen globo terrestre, ó el mapa mundi que va inserto en el tomo 2.°

biduría, el que quiera ver mas por extenso los fundamentos en que se apoya, recurrirá á la erudita memoria que escribió el mencionado Fleurieu.

301 Llamamos *atlántico* al espacio de mar que forma la segunda division del océano. Los geógrafos antiguos y modernos han dado el nombre de *atlántico* al mar que se halla al O. de las *columnas* de *Hércules*, hoy *estrecho gaditano* ó de *Gibraltar*. Sin querer profundizar el orígen de esta denominacion, tan generalmente admitida (1), es preciso advertir que no todos convienen en los límites del atlántico. Los antiguos conociéron una porcion muy limitada de este mar, tanto al N. como al S. (2), y hasta despues de los viages de Colon á la América, de Diaz y Gama á la India, de Magallanes al rededor del mundo, de Cook al polo austral, y de varios navegantes en busca de un paso N. E. ó N. O. al grande océano, no pudo decirse que estaba reconocido en toda la extension que le da-

(1) Acaso el nombre de *atlántico* vino á este mar del elevado y famoso monte *atlas*, situado en el norte de Africa. Acaso le recibió de aquella isla *atlántida*, de que habló Platon á los atenienses en los dialogos de Timeo y Crícias, que celebráron como un pais rico y hermoso Diódoro y Aristóteles, y que ha desaparecido de la superficie del globo, y se ha escondido en las honduras del océano á efecto de algun volcan, terremoto ú otro trastorno de los muchos á que está sujeto nuestro planeta. Dexamos á los eruditos disputar sobre esta etimología. Solo decimos que la *atlántida de Platon*, caso que haya existido, pues algunos no ven en la relacion de este filósofo mas que una ficcion ingeniosa, debió estar mas bien en el mediterráneo que en el océano, pues Platon dice formalmente qué su situacion era al medio dia del *Ática*.

(2) Véase la erudita memoria del ciudadano Bougainville, inserta en el tomo 3.° de la clase de ciencias morales y políticas del Instituto nacional de Francia con este título: *Essai historique sur les navigations anciennes et modernes dans le hautes latitudes septentrionales.*

mos. Algunos geógrafos piensan que solo tiene el nombre de *atlántico* la porcion de mar situada al O. de Africa desde el estrecho gaditano hasta el punto mas austral de la costa á que llegáron los antiguos. D' Anville señala el principio de su *atlánticum mare* en el cabo de San Vicente, y sus límites meridionales en las inmediaciones de *Sierra leona* (1). Del'Isle le extiende á lo largo de las costas occidentales de Europa, desde Portugal hasta las islas británicas. Otros desde la *zona glacial ártica* hasta el equador. En esta variedad de opiniones, y en la confusion que resulta de la diversa determinacion de los límites del atlántico, ¿por qué no podrán cortarse la arbitrariedad y la incertidumbre de esta parte principal de la nomenclatura hidrográfica, dando generalmente el nombre de *atlántico* á aquella porcion del océano, comprehendida de E. á O. entre las costas occidentales de Europa y Africa, y las orientales de América: y de N. á S. entre los círculos polares ártico y antártico, que le separan de los mares glaciales?

302 De esta manera queda el atlántico encerrado en límites naturales, y que tienen un sólido fundamento en las relaciones astronómicas del globo terráqueo con el cielo, y en la separacion del mundo antiguo y nuevo. Nosotros por lo mismo hemos adoptado este lenguage, y siguiendo en la division de este mar el mismo sistema que en la del *grande océano*, queda en nuestras cartas cortado en tres zonas ó faxas. La parte comprehendida entre el círculo polar ártico y el trópico de Cáncer se llama *océano atlánti-*

(1) En su carta intitulada: *Orbis veteribus notus.*

*so septentrional*; entre este trópico y el de Capricornio *océano atlántico equatorial*; y desde los límites australes de la zona tórrida hasta el círculo polar antártico *océano atlántico meridional.*

303 Así se comprehende toda la extension del océano atlántico, desde 66½° latitud septentrional hasta los mismos de latitud austral, y desde 93° 45′ longitud occidental hasta 17° 45′ longitud oriental; y contiene 2660 leguas marinas de N. á S., y 2230 de E. á O. tomando su diferencia de longitud en los dos meridianos que se introducen mas dentro de tierra.

304 Rechazamos como impropia la denominacion de *mar occidental*, que casi todas las cartas dan con la de *atlántico* á esta parte del océano; pues aunque ciertamente se halla al occidente de Europa, tambien está al oriente de América; y ¿cómo podrá un Americano llamar occidental aquella porcion de aguas situada hácia donde ve salir el sol, hácia el oriente? Llámase tambien casi generalmente *mar del Norte*; apelacion igualmente inexâcta; porque si bien la parte del atlántico entre la equinoccial y el círculo ártico está al N. de las partes australes del mismo mar, ¿no está tambien al S. de las regiones glaciales del septentrion? A mas, ¿no será extraño buscar en el mar del Norte el cabo de *Horn* situado á 55° latitud Sud?

305 Estas denominaciones que en el todo, y miradas absolutamente, expresan ideas falsas, han nacido sin duda, ó de la situacion de los mares, respecto á las tierras mas antiguamente civilizadas, ó de las rutas de los primeros navegantes que los descubriéron. » Pero como no de-

» be pertenecer la geografía, ni á un continente » ni á otro, sino volar, por decirlo así, sobre el » globo, y viéndole girar por debaxo de sí, poner » á cada parte del océano que rodea con sus aguas » las dos masas terrestres, denominaciones que » puedan convenir igualmente á las diferentes si- » tuaciones de todos los paises, y á todos los » pueblos de la tierra; es preciso borrar sin con- » descendencia nombres, que la ignorancia, la » casualidad, las circunstancias, la preocupacion » territorial han introducido; nombres, que pare- » cian autorizados por el tiempo y el hábito; pero » que ni el hábito ni el tiempo, què no justi- » fican lo que es absurdo é incongruo, pue- » den haber consagrado de modo que sean inde- » lebles."

306 Se ha dado tambien en muchas cartas y escritos geográficos el nombre de *etiópico* á nuestro océano atlántico en la parte mas próxîma á la costa de Africa. No sabemos el motivo de esta denominacion, y no la admitimos. Ni los antiguos, ni los modernos regularmente, han llamado *Etiopia* á parte alguna del Africa, bañada por las aguas del atlántico, sino á alguna porcion de su interior; y á sus regiones orientales situadas al S. del Egipto; y aun por lo mismo en la geografía antigua se llama *mare ethiopicum* el que se extiende desde el Sud del mar de Arabia, á lo largo de la costa oriental de Africa. Creemos, pues, que se ha perpetuado sin motivo en una parte del atlántico este nombre, que puede causar equivocaciones en las cartas de geografía antigua, y que debe borrarse de las que pertenecen á la moderna.

307 Las dos masas de agua, conocidas con

los nombres de *grande océano* y de *océano atlántico*, despues de haber estado separadas en casi toda su extension por los continentes antiguo y nuevo, mezclan sus caudales, y forman una sola entre el meridiano que corta la costa S. O. de Africa, y el que atraviesa las cercanias occidentales de la *nueva Holanda* (1). Esta circunstancia, y la inspeccion detenida de la division de los mares, nos han autorizado á llamar *océano reunido* á todo aquel conjunto de aguas, que sin pasar de los límites del círculo polar antártico, no se comprehende en los que hemos señalado al océano atlántico ó al grande océano, es decir, el espacio líquido desde las costas meridionales de Asia hasta 66½° latitud austral, y desde 17° 45′ hasta 109° longitud E. de Madrid: de manera que tiene de extension E. O. 91° 15′, ó 1825 leguas marinas. Aunque esta division es meramente arbitraria, no dexa de tener analogía con la configuracion de los grandes continentes, y con la disposicion de las aguas, expresando ademas su nombre perfectamente el significado que le damos. Pudiera tambien decirse que el *océano reunido*, comunicando con las otras dos grandes porciones de agua en su superficie ó parte superior, está separado de ellas en su fondo por límites naturales, si fuese mas bien fundada ó ménos desmentida por los navegantes modernos la opinion de Felipe Buache, que en su *planisferio físico del globo*, aprobado por la Academia de las ciencias de Paris, supuso que una

(1) Aun no se puede decir positivamente si la *nueva Holanda* deberá mirarse como un nuevo continente. Parece que es el *menor de los continentes*, y la *mayor de las islas* propiamente dichas.

cadena de montañas submarinas, prolongadas desde el cabo de Buena Esperanza hasta las tierras antárticas, y otra igual desde las partes S. E. de Asia, constituian del océano, que él llama *índico*, una especie de estanque separado del atlántico y del mar del Sud ó gran mar.

308 Despues de haber dividido la masa de las aguas en dos *océanos* principales, que tienen por límites los continentes, haber subdividido uno y otro en tres faxas ó zonas, que corresponden á las dos templadas y á la tórrida, y haber explicado lo que entendemos por *océano reunido*; todavía nos queda de uno y otro lado, al Norte y al Sud, una porcion de esfera ó un casquete, cuyo centro ó parte superior está en uno de los polos, y sus límites en el *círculo polar*. Los hielos que ocupan, ó perpetuamente, ó una parte del año, estas regiones, parece que indican la denominacion que conviene dar á las porciones del océano que cubren las extremidades del globo. Llamaremos *océano glacial ártico*, á la que rodea al *polo boreal*; y *océano glacial antártico* á la que se extiende en las inmediaciones del *polo austral*.

309 Las dos porciones del globo terrestre encerradas en los círculos polares, aunque estan situadas en puntos correspondientes, se diferencian esencialmente en su disposicion. Por el Norte, las tierras de la Europa, las del Asia desde la *nueva Zembla* hasta *Szalaginskoi-noss*, y las de la América en la parte superior de la Bahía de *Baffin*, á las quales deben añadirse el *Spitzberg* ó *vieja Groenlandia*, y la parte septentrional é indeterminada de la *nueva*, forman entre todas una línea de costas tan próximas al centro ó al *polo*, que las mas distantes de este pun-

to, segun los conocimientos geográficos que hasta ahora hemos podido adquirir, no tienen ménos de 70° de latitud, y algunas se hallan en el paralelo 81, de manera que el *océano glacial ártico* se halla encerrado en límites muy estrechos; ni se comunica con el *océano atlántico*, mas que por el canal que dexan entre sí las costas de la Laponia y de la nueva Groenlandia, el qual por otra parte está interrumpido con las islas de *Spitzberg* y de *Islanda*; y con el *gran océano* solamente se comunica por el estrecho de *Bering*, que separa ámbos continentes. No sucede lo mismo en el hemisferio del Sud, ántes bien un mar vastísimo ocupa el casquete austral. Si disponemos un globo terrestre artificial, de modo que el *polo antártico* ocupe el zenit, y echamos la vista circularmente sobre el espacio comprehendido entre este centro y el paralelo 50, no se descubre vestigio alguno de tierra conocida: si extendemos la vista hasta los 30°, solamente notaremos algunos fragmentos sólidos, la extremidad estrecha de la *América meridional* baxo el nombre de *tierras magallánicas*, la punta extrema del Africa, la parte meridional reducida y casi inhabitada de la *nueva Holanda*, y las dos islas de la *nueva Zelanda*, donde estan los antípodas de Madrid (*153*); y á excepcion de estas porciones de terreno, á las quales puede aplicarse el *tari nantes in gúrgite vasto*, todo lo demas es mar, todo es agua; y la superficie de este llano líquido, de esta inmensa soledad, tampoco se halla interrumpida mas que por fragmentos de tierra, aunque se abrace todo el espacio comprehendido entre el polo y el trópico de Capricornio. Se puede decir, pues,

que el hemisferio austral es el verdadero reyno del océano, como el hemisferio boreal lo es de la tierra (1); pues partiendo del círculo polar antártico, que se ha fixado por límite en el hemisferio del Sud al océano atlántico, al gran océano, y al océano reunido; subiendo desde allí hasta el polo, se ve únicamente un casquete de hielo, que podrá á lo mas contener algunas tierras pequeñas donde la naturaleza está muerta (2). Es cierto que hasta fines del siglo XVIII los sábios mas respetables de Europa sostenian la exîstencia de un continente austral, mirándole necesario para el equilibrio del globo, esto es, para balancear en el hemisferio *aquático* (3) las grandes tierras del hemisferio boreal; pero la sábia y atrevida navegacion del intrépido Coock, desde el 1772 hasta el 75, ha demostrado á los mas incrédulos, que el pretendido continente no exîste sino en los sistemas brillantes de Campbell, Brosses, Maupertuis, Buache, y en la imaginacion fecunda de Buffon. Con efecto, en aquellos

(1) Se ha calculado por aproxîmacion que en el hemisferio boreal las tierras ocupan los $\frac{2}{3}$ de la superficie de aquella porcion del globo, y solo los $\frac{3}{20}$ de la superficie del hemisferio austral. Se ha observado tambien que el hemisferio occidental comprehende mayor extension de mares que el oriental, poniendo el primer meridiano en la isla de Hierro; pues en el 1.° las tierras no componen mas que $\frac{1}{5}$ de la superficie, y en el $2.° \frac{11}{20}$ de ella.

(2) No queda hácia el polo austral mas que una zona de unas 750000 leguas quadradas, dónde puede haber tierras inaccesibles á los navegantes á causa de los hielos; pero su masa apénas influiria sensiblemente en la proporcion entre los hemisferios.

(3) Para ver de un golpe el hemisferio *aquático* de la tierra, dispongase el globo artificial de modo que la *nueva Zelanda* sea el punto mas elevado.

mismos parages donde se prometian á los navegantes tierras extendidas y encantadoras, Cook solo halló rocas estériles, que apénas ofrecen asilo á los becerros marinos, mares horrorosos, y montañas de hielo, que ocupan el espacio inmenso donde se situaba este paraiso imaginario. El argonauta ingles arrancó á la naturaleza, valiéndome de la bella expresion de un poeta nuestro, el vergonzoso secreto del yermo inmenso á que preside sin fin en las latitudes australes (1). La naturaleza sin duda tiene otros medios, que nos son desconocidos, para mantener el equilibrio de nuestro planeta, al mismo tiempo que este, sostenido en el espacio, acaba y comienza de nuevo y periódicamente su revolucion anual al rededor del sol, y sus revoluciones diurnas sobre sí mismo.

310 Es una idea, si no absurda, á lo ménos poco conforme á las analogías de la física, la de creer que el océano no tiene *fondo*. Antes bien, las montañas de los continentes parece que corresponden á los *abismos* del mar; y como las montañas mas altas no tienen mayor elevacion que unas 6000 varas, se sigue que aun quando supongamos que la accion de los elementos las ha degradado, puede creerse que el mar no tiene mas de unas 7290 varas de profundidad; pero basta $\frac{1}{8}$ de esta hondura para que sea imposible hallar el fondo con nuestros imperfectos instrumentos. — En el suelo del mar hay probablemente montañas, valles, llanos, en suma, todas las desigualdades que ofrece la superficie de los continentes. Las islas no son mas que cimas de monta-

(1) Don Manuel Quintana en su *Oda al mar*.

ñas marinas. — Se ha observado que en la proximidad de costas escarpadas y altas, el fondo del mar tiene desde luego considerable profundidad; pero cerca de una costa baxa y en declive suave, el mar se ahonda poco á poco. — El *nivel* de los mares, generalmente hablando, y á excepcion de algunos golfos ó mediterráneos, es el mismo en todas partes, por efecto de la presion igual que exercen en todas direcciones, una sobre otra, las moléculas de un fluido. Así el océano, tomado en su integridad, tiene una superficie esférica ó mas bien esferoydica, que puede mirarse como la verdadera superficie de nuestro planeta.

321 Las exhalaciones del océano, que refrescan y humedecen el ayre, son las que conservan toda la naturaleza vegetal, y dan los alimentos necesarios á los rios y arroyos. Sin la influencia benéfica de estos vapores la tierra quedaria desierta é inanimada; y si el océano llegara á secarse lenta ó súbitamente, toda la naturaleza organizada se hallaria en la nada de la muerte. Por otra parte el mar, abriendo un vasto campo al comercio, acerca recíprocamente naciones, que parecian separadas para siempre por inmensas montañas y rios impetuosos. Mas este inmenso reservatorio no ofrece siquiera una gota de agua para resfrecar al navegante, quien, nadando en medio de ella, se suele á veces ver expuesto á morir de sed (1). Efectivamente, la amargura y

(1) Quando se navega por las inmediaciones de los polos donde se hallan hielos fixos ó movedizos, se saca agua dulce, aunque algo insípida, derritiendo pedazos de hielo; en cuya práctica halló grande alivio en sus navegaciones el Capitan Coock.

salobridad de las aguas del mar las hacen desagradables al gusto, é inútiles para el uso de la cocina. La *salobridad* parece que en general es menor hácia los polos que hácia el equador; en los golfos que reciben muchos rios que en los que no los reciben; en la superficie que en el fondo; en el solsticio de estío que en el de invierno, segun las experiencias de Bergmann. ¿Pero de dónde proviene esta salobridad? ¿De los bancos de sal situados en el fondo del mar? De la corrupcion de las aguas de los rios? ¿O finalmente de las muchas substancias térreas de que se compone nuestro globo, y que se conservan en las aguas, desde que el mar las tuvo en disolucion por espacio de muchos siglos? Esta última hipótesi, que supone no ser otra cosa el mar actual que el residuo de un fluido primitivo, y quantas se han imaginado para descubrir el orígen de la salobridad de sus aguas, son mas brillantes que convincentes. Lo cierto es que sin ella, y sin un movimiento continuo, las aguas marinas se corromperian y serian ménos propias para sostener y llevar las embarcaciones, y no podrian vivir en su seno muchos animales que ahora las pueblan. —La *amargura* de las aguas marinas es mayor (al contrario de lo que sucede en la salobridad) en la superficie que en el fondo; y parece que proviene únicamente de la grande cantidad de materias animales y vegetales descompuestas y podrecidas, que se mueven en la mar, y que traen de continuo los rios. —El *color* del mar varía mucho en apariencia; sin embargo generalmente es azul verdoso muy subido, bien que algo mas claro hácia las costas. Las otras variaciones del color de las aguas ma-

rinas dependen de causas locales, y alguna vez de ilusiones; los tintes verdes y amarillos provienen de los vegetales marinos; otras veces una gran cantidad de insectos da por cierto tiempo á alguna extension de los mares tintes blancos ó bermejos. &c. — La *luz del mar* parece que se debe mas comunmente á varios animales luminosos que en él se hallan; esta luz en ocasiones es causa de que al hendir una embarcacion las olas, parece que abre un surco de fuego, y ofrece, segun es tranquila ó tumultuosa, escenas muy variadas, y siempre un espectáculo magnífico y admirable. La *temperatura* de las aguas del mar se muda ménos súbita y fácilmente que la de la atmósfera; y en general en su fondo, adonde ni con mucho llegan los rayos de la luz del sol (1), pero penetra el *calórico*, es la misma que la del interior del globo en las diferentes latitudes; y así en las inmediaciones de los polos se hallan á veces islas de hielo de media legua de largo, y elevadas mas de 130 pies sobre las aguas; como tambien campos de hielo de inmensa extension. Coock halló una faxa de estos, que juntaba la Asia oriental con la América septentrional.

312 Las atracciones del sol y de la luna, producen tambien sobre la tiera un efecto conocido y observado con el nombre de *fluxo* y *refluxo* del mar. Llámase así el movimiento de las aguas de los mares, en virtud del qual estas aguas suben y baxan dos veces en 24 horas. Diremos algo de la causa de tan singular fenómeno, remitiendo á los que deseen mas profundas teorías y explicaciones á los escri-

(1) Bouguer probó que los rayos solares visibles no penetran en el mar mas que unos 790 pies.

tos de Bernoulli, Eulero, Maclaurin, Lalande y Laplace. —Como las aguas cubren en gran parte la superficie de la tierra, es preciso que experimenten de parte del sol y de la luna una atraccion mas ó ménos fuerte, segun estan mas ó ménos distantes ámbos astros, y esta diferencia de atraccion debe necesariamente turbar su equilibrio, tenerlas en continua agitacion, y producir el efecto que vamos á exâminar.

313 Supongamos para esto la tierra en T (*fig. 63*), la luna en L, y que la orbita lunar sea LOO'. Es claro que la columna de agua, sobre la qual corresponde la luna inmediatamente, como está mas cerca de este astro que el centro de la tierra, es tambien atraida mas fuertemente por nuestro satélite, y esta atraccion disminuye un poco el efecto de la de la tierra sobre esta columna de agua, la qual perdiendo por lo mismo algo de su pesadez ordinaria, no puede ya balancear las columnas de agua mas distantes, y por consiguiente se ve obligada á elevarse, para compensar con su altura la diminucion de su peso. Las aguas situadas en los puntos A y B á 90° del punto E, sobre el que corresponde la luna, deben baxar al mismo tiempo precipitándose hácia el E. Estará, pues, el mar en su mayor subida en el punto E, y en su mayor descenso en los A y B. Pero á 180° del punto adonde corresponde la luna, ó lo que es igual en el punto R directamente opuesto á E, las aguas por hallarse mas distantes de la luna que el centro de la tierra, son atraidas mas debilmente que este, de modo que se disminuye su atraccion sobre la superficie de la tierra, porque esta superficie, arrastrada por el centro, obedece á una atraccion mas poderosa. Resulta, pues, que

tambien debe subir la columna de agua en el punto R; y el cálculo hace ver que la elevacion de las aguas es casi la misma en los dos puntos opuestos E y R (1).

314 Consideremos ahora al sol S en conjuncion con la luna L; es claro que entónces su accion concurre con la de la luna, y que por consiguiente la altura de las mareas será la máxîma posible, sobre todo si estos dos astros estan en su mayor proxîmidad de la tierra, ó en su *perigeo*. Suponiendo que el sol S está en oposicion con la luna L', el efecto de estos dos astros será tambien el mismo, porque produciéndole igual cada uno de ellos en las aguas sobre que corresponde, y en las que estan en la parte directamente opuesta, es claro que el efecto de la atraccion de los dos astros será el mismo, bien se hallen al mismo lado, bien en puntos opuestos, con tal que esten casi en una misma línea con el centro de la tierra. Pero si la luna está como en L'' y L''' (*fig.* 64), á saber, en *quadraturas*, ó á 90° de distancia del sol, se infiere evidentemente de lo que se acaba de decir, que la máxîma altura de las mareas, ocasionada por la accion de la luna, corresponderá al punto donde la accion del sol produce la máxîma depresion ó descenso: de modo que la accion del astro luminoso destruirá una parte de la del satélite de la tierra, y la marea no será entónces mas que el resultado de la diferencia de las acciones de ámbos astros. Se ve, pues, que quando la luna y el sol estan en *conjuncion* y en

(1) Formándose así por la accion de la luna sobre la tierra dos promontorios ó eminencias de agua, tomará el mar la figura de una esferoyde prolongada, cuyo grande exe pasará por el centro de la luna y de la tierra.

*oposicion*, ó en el *novilunio* y *plenilunio*, deben suceder las mayores mareas (1); y las menores quando estos dos astros estan á 90° de distancia uno de otro, ó en los quartos *creciente* y *menguante*. En las distancias intermedias, la marea es mas fuerte en los *octantes*, ó quando la luna dista 45° del sol, pero mas débil que en las *sizigias*. El punto de la tierra, donde se verifica la máxima elevacion de las aguas, no es exâctamente el que está debaxo de la luna, sino un punto intermediario entre la luna y el sol, y mas cerca de aquella que de este; porque la accion de la luna, para producir las mareas, es casi dos veces mas considerable que la del sol (2).

315 La misma causa que produce las mareas mensuales produce tambien el fenómeno de la marea diurna. Todos los dias, en efecto, al pasar la luna por el meridiano, ó algun tiempo despues, las aguas del océano suben sobre nuestras costas; en llegando á cierta altura se retiran poco á poco; cerca de 6 horas despues de su mayor elevacion, estan en su máximo descenso, y despues suben de nuevo quando la luna pasa por el meridiano en su parte inferior, de suerte, que la alta y la baxa mar, ó el *fluxo* y *refluxo* se observan dos veces al dia, y retardan cada dia 50′ ½

(1) Sin embargo se ha observado que las mareas de los novilunios son algo mayores que las de los plenilunios, cuya diferencia se explica perfectamente por la teoria de la atraccion.

(2) Aunque el sol sea un globo muchísimo mas voluminoso que la luna, el efecto de la atraccion de esta es sin embargo mas sensible en la tierra que el del sol, á causa de la mayor proximidad de aquel satélite, y porque la fuerza atractiva de un cuerpo se disminuye asi como se aumenta el quadrado de la distancia, segun se demuestra en la astronomía física.

poco mas ó ménos, como el paso de la luna por el meridiano (241). — En rigor, la marea no se verifica hasta dos horas y media despues de este paso; y este retardo es un efecto natural de la inercia de las aguas, y de la resistencia que oponen al efecto de la atraccion. Tampoco sucede ni debe suceder la marea mas alta precisamente en el dia del novilunio ó plenilunio, sino dos ó tres dias despues, lo qual proviene de que el movimiento, una vez adquirido, no se destruye en un instante, ántes bien continúa aumentándose la elevacion de las aguas, aunque se haya disminuido realmente la accion instantánea del sol (1).

316 Si se compara con las observaciones lo que acabamos de manifestar por la teoría, se hallará la comprobacion mas asombrosa; sobre todo si tenémos cuenta en el cálculo con todas las circunstancias esenciales; pues es cierto que las grandes desigualdades del fondo del mar, la posicion de las costas, su declive debaxo del agua ya rápido, ya suave, la diferente anchura de los canales y de los estrechos, los vientos y las corrientes, y en suma varias circunstancias locales

(1) Todo lo que va dicho es suponiendo que el sol y la luna estan en el equador. Considerando á estos astros en sus declinaciones variadas, la elevacion estará en razon inversa del cubo de las distancias de las aguas. Pero sin entrar en estos detalles, que exigen demostraciones matemáticas, puede observarse que de la proximidad del sol y de la luna dependen las grandes mareas equinocciales que se verifican casi siempre, la una ántes del equinoccio de la primavera, y la otra despues del equinoccio de otoño, es decir, una y otra en el tiempo en que el sol, andando los signos meridionales, esta mas cerca de nosotros. Sin embargo esto no sucede todos los años, porque alguna vez hay variaciones producidas por la situacion de la orbita de la luna, y por la distancia de las sizigias á los equinoccios.

y alguna vez accidentales, alteran el órden de las mareas, las hacen faltar á la regularidad que tienen en un mar libre, aumentan la intensidad del fluxo en las costas de los canales muy estrechos, y acortan ó prolongan la duracion de la *marea entrante* ó fluxo, y de la *marea vaciante* ó refluxo. En la zona tórrida las mareas se propagan de oriente á occidente como el movimiento de los astros. En la zona templada boreal vienen del Sud, en la austral del Norte, es decir, en una y otra, de la zona tórrida, que es la parte del globo donde el poder de los astros obra mas directamente sobre los mares. La zona glacial del Norte (pues de la del Sud nada sabemos) apénas siente las mareas, porque su situacion respecto del sol y de la luna, las tierras que la cercan, y los hielos de que estan cubiertos aquellos mares, concurren á destruir en ella el efecto de la atraccion sideral. En los mares cortos y separados del océano las mareas deben ser poco considerables é insensibles, como acreditan las observaciones. Bernoulli ha demostrado por el cálculo que las alturas á que suben las mareas en estos mares son proporcionales á su extension de occidente á oriente. En el *mediterráneo*, que separa del Africa á la Europa, y que no comunica con el océano mas que por el *estrecho de Gibraltar*, casi se pueden decir insensibles. Por eso los antiguos griegos y romanos, cuyas navegaciones apénas pasáron de este mar, tenian muy imperfectas noticias de las mareas. Aristóteles apénas habla de este fenómeno. Los soldados de Alexandro se pasmáron al llegar á la parte septentrional del *océano reunido* que forma el *gran golfo de la India*, donde el fluxo y refluxo son muy considerables, y César

perdió sus naves en la Gran Bretaña por no conocer bien los movimientos de las aguas. Mas adelante, navegando ya freqüentemente los romanos por el océano, adquiriéron mas instruccion en este asunto; pues Séneca y Plinio no solamente explican el fenómeno, sino la causa; pero la verdadera explicacion del efecto de la luna en las mareas ni se dió ni pudo darse hasta la publicacion de la Filosofía de Newton, y aun hasta que en el siglo XVIII los geómetras mas hábiles de Europa se dedicáron, excitados por los premios de la Academia de las ciencias de Paris, á extender y aclarar los principios establecidos por aquel grande hombre (1).

317 Merecen tambien nuestro exámen las *corrientes*, ó aquellos movimientos horizontales y progresivos que tiene el agua del mar en diferentes parages, sea en toda su profundidad, sea hasta cierta distancia de su superficie. Llámanse *corrientes generales* las que afectan todo el sistema fluido que rodea al globo; y *particulares*, las modificaciones locales del movimiento general. Entre los trópicos, y hasta 30° de latitud N. y S., se observa un movimiento continuo en las

(1) Aunque la opinion general de los sábios es hoy que el fluxo y refluxo provienen de la atraccion recíproca del sol, de la luna y de la tierra, sin embargo un escritor moderno, estimable por su ingenio y carácter, pero muy amigo de paradoxas, Bernardino de S. Pierre, en su obra *Etudes de la Nature*, ha presentado un sistema enteramente contrario. Piensa St. Pierre, y se esfuerza á probar que este fenómeno tan universal en el océano, pero en el qual se advierten algunas variaciones, es efecto de los derretimientos reglados y periódicos de los hielos de que estan cubiertos los mares de las regiones próximas al polo; pero este sistema desnudo de pruebas, es aun mas inconciliable con las observaciones que el de Newton que conviene perfectamente con los hechos principales.

aguas del océano, que las lleva de oriente á occidente en direccion contraria á la de la rotacion del globo terrestre; su accion se experimenta principalmente en que las embarcaciones andan allí mas de lo que pudieran con solo el auxîlio del viento, y sus efectos son extremamente violentos en muchos estrechos. Otro movimiento general trae las aguas de los polos hácia el equador; la realidad de esta corriente se acredita por la direccion que constantemente toman los hielos flotantes quando se desprenden de las regiones marítimas circumpolares.

318 El orígen de la *corriente polar* parece bien averiguado. Todos los dias descomponen los rayos del sol una enorme cantidad de hielo, y por consiguiente tienen siempre los mares polares cierta superabundancia de agua de que procuran descargarse. Como por otra parte la evaporacion muy fuerte en la zona tórrida absorve buena porcion de las aguas que allí se encuentran, y estas ademas tienen menor pesadez específica por estar situadas en donde es mayor la fuerza centrífuga de la tierra, es necesario que las que estan próximas acudan á restablecer el equilibrio; el movimiento se propaga de una region aquática á otra, y así á cada instante las aguas circumpolares son llamadas á dirigirse hácia el equador. — La explicacion mas admisible de la corriente *trópica* ó *equatorial*, entre las varias que han imaginado los geógrafos físicos, parece ser la siguiente. La accion del sol y la rotacion de la tierra disminuyen constantemente la pesadez de las aguas equatoriales, y la evaporacion hace desaparecer una cantidad de ellas, infinitamente mayor que la que pueden restituir los

rios (1). De aquí procede que las de los mares mas distantes del equador se inclinan á llenar este vacío, y de aquí las corrientes polares. Pero estas aguas, que vienen de las zonas mas frias (sobre todo en el gran océano, donde es muy rápido el paso de un clima al otro), tienen mucho mayor pesadez que aquellas á quienes vienen á reemplazar; y por otra parte (y esto es lo mas esencial) las anima un movimiento de rotacion infinitamente mas lento que el que animaba á las partes del agua que se halla habitualmente en la zona tórrida. Y como las primeras, por su fuerza de inercia, nunca se despojan instantáneamente del grado de movimiento que una vez adquirieron, se sigue que no podrán seguir la rotacion del globo; pesadas é inmobles han caido repentinamente en la esfera de la mas rápida movilidad, y conservan por algunos instantes su carácter primitivo. Pero la parte sólida del globo se mueve siempre hácia el oriente con la misma rapidez; y por consiguiente huye realmente de estas aguas, que quedándose un poco atras parece que se mueven hácia occidente, apartándose en apariencia de las costas occidentales de los continentes; al mismo tiempo en las costas orientales la tierra se acerca hácia las aguas, y estas no conformándose con bastante rapidez al movimiento de rotacion, parece que se acercan hácia la tierra. — Así este grande y maravilloso movimiento no es mas que una vasta y pacífica oscilacion, que solo depende del equilibrio del océano; pero quando una oscilacion tan pode-

(1) Tanto mas quanto en la zona tórrida hay $\frac{5}{7}$ de mar, y solo $\frac{2}{7}$ de tierra.

rosa halla en su camino pasos angostos, ú obstáculos que la estrechan ó la desvian sin detenerla, se transforma en corriente violenta y á veces peligrosa.

319 En virtud del movimiento general el *gran océano* se aparta de las costas de América dirigiéndose al Oeste; cerca del Perú parece frecüentemente que el mar huye de la tierra por esta sola causa, y en general la corriente *trópica* es muy fuerte en la vasta y libre extension de aquel mar. Ella conduce con rapidez desde nueva España á las costas del Asia las embarcaciones, las quales á su vuelta tienen que subir al Norte de los trópicos á buscar la corriente polar y vientos variables. Es verdad que las islas, escollos y otros obstáculos que el gran océano encuentra en su movimiento hácia el *Oeste*, como tambien las desigualdades del fondo del mar y las cadenas de montes submarinos alteran algo esta corriente, inclinándola al Norte y al Sur, especialmente en las inmediaciones de Asia, y en el vasto laberinto de islas que se hallan al S. E. de aquella parte del mundo. Todas estas son modificaciones locales del movimiento general; pero su conocimiento y descripcion, del todo necesarios al piloto para conducirse acertadamente en sus viages, y al historiador para referirlos con exâctitud (1), Tampoco hay duda que una fuerte reaccion de las aguas del océano, rechazadas por grandes tierras (como la nueva Holanda), puede producir contra corrientes que vuelvan al E., las quales chocando con el movimiento general producirán otras corrientes

(1) El movimiento general dirigido hácia el *Oeste* obra todavía con fuerza en el estrecho nuevamente descubierto que separa la nueva Holanda de la *tierra* de *Diemen*. El fué quien llevó á descubrirlo al Capitan Flinders en 1798.

diversamente dirigidas; y este será el orígen de las corrientes tan contrarias y peligrosas de que se habla en los viages de Coock, La-Perouse &c.

320 Las corrientes en el *atlántico* se determinan por la figura de esta division del océano, que es infinitamente mas largo que ancho. La mas célebre, y que es el resultado del movimiento general del atlántico hácia el O., se dirige á las costas orientales de América, es en extremo rápida, y reyna entre los 30° de latitud N. y 10° latitud S., comenzando á 20 ó 30 leguas de las costas de Africa, en las quales reyna una corriente absolutamente contraria á la primera, y ni ménos rápida ni ménos invariable, en términos que si una nave se acerca demasiado á estas costas se halla empeñada en el *golfo de Guinea*, y con mucha dificultad sale de él (1).

321 Es probable que puede haber en el mismo parage dos *corrientes*, una dencima ó en la superficie de las aguas, y otra en el fondo. Muchos hechos parece que prueban esta hipótesi propuesta por el célebre Halley. — Quando dos *corrientes* de una direccion mas ó ménos contraria y de fuerza igual se encuentran en un paso estrecho, giran ámbas sobre una curva, que algunas veces es espiral, hasta que se reunen ó se escapa una de ellas. Llámase *euripo* ó *remolino* el parage donde este choque sucede, y que en ocasiones arrastra los navíos, los estrella en las rocas, y algun tiempo despues presenta los residuos

(1) Para aprovecharse de la primera corriente y de los *vientos generales*, los buques Européos baxan hasta las *Canarias* ántes de emprender la travesía del *atlántico*; y por huir de la segunda, y adelantar al Sur Cabral en 1500 se vió arrastrado, á pesar suyo, muy al O. y descubrió el Brasil.

del naufragio. — La profundidad de las corrientes es un problema de física bastante difícil de resolver. Sin embargo las corrientes perpetuas por su regularidad y accion extremamente fuerte, aun en las mayores calmas, indican bastante que es considerable su profundidad.

322 Siempre que una cierta porcion del ayre de la atmósfera (1) pasa de un lugar á otro de modo que su movimiento nos es sensible, decimos que hay *viento*. — La direccion de los vientos no se indica, como la de las *corrientes marítimas*, por el punto del horizonte adonde se dirigen, sino por el de donde vienen (20); y así un viento *Norte* es directamente opuesto á una *corriente Norte*, y corresponde á una *corriente Sud*. — Distínguense los *vientos constantes* de los *variables*, y los *generales* de los *parciales*. — Hay dos movimientos generales y constantes en la atmósfera; el uno reyna en la zona tórrida, y lleva el ayre relativamente á la tierra, al occidente, en sentido conforme al del movimiento general de los mares; y el otro, que es sobre todo sensible en las zonas templadas, trae el ayre polar hácia el equador, y produce dos corrientes ó *efluvios* polares, semejantes á los que hemos ya observado en las aguas (*317*).

323 La causa principal de los vientos *generales* (que los franceses llaman *alizés*), y que soplan en la zona tórrida, es la dilatacion que experimenta el ayre por la accion del calor; porque es evidente que el calor del sol (suponiéndo-

(1) Entendemos por *atmósfera* aquella reunion de diversos fluidos que ciñen la tierra por todas partes, y que giran con el globo y hacen parte de nuestro planeta. La *anemografía* pertenece esencialmente á la física y química.

le en el plano del equador) enrarece las columnas de ayre, y las eleva sobre su nivel; de donde resulta que deben ó disiparse en los espacios celestes, ó volver á caer por su peso dirigiéndose hácia los polos en las partes superiores de la atmósfera; pero al mismo tiempo debe sobrevenir nuevo ayre fresco, que llegando de las regiones polares, reemplaza al que ha sido enrarecido en el equador; de modo que se formarán dos corrientes opuestas, una en la parte inferior, y otra en la superior de la atmósfera; y como la velocidad real de que está animada cada molécula de ayre, por nacer de la rotacion de la tierra, debe ser tanto menor quanto está mas cerca de los polos, resulta que el ayre circumpolar viniendo hácia el equador, y conservando en algun espacio de tiempo su velocidad primitiva, debe girar con mas lentitud que las partes correspondientes de la tierra, y que los cuerpos situados en la superficie terrestre deben chocar con él por el exceso de su velocidad, y experimentar por su reaccion una resistencia opuesta á su movimiento de rotacion. Así al observador que se cree en reposo le parece que el ayre se mueve en sentido directamente contrario al de la rotacion del globo, es decir, de oriente á occidente.

324 Quando el sol pasa al lado del polo ártico en Abril, Mayo y Junio, la atmósfera del hemisferio boreal se dilata proporcionalmente desde el equador hasta el polo. Por consiguiente el ayre correspondiente se elevará, y el vacío causado por su rarefaccion en las capas inferiores se llenará á beneficio de una corriente polar. Habrá, pues, en dicha estacion *viento de Norte*; pero este encontrará el *viento general* del *Este* á

cierta latitud, por exemplo á 30°: Si le encuentra baxo un ángulo recto, resultará un movimiento compuesto y habrá *viento N. O.* — Llegado el sol al solsticio de estío calentará toda esta parte del hemisferio boreal, y aun las regiones circumpolares, y el calor se sostendrá allí por algun tiempo; por eso habrá ménos vientos del *Norte* en Julio y Agosto. Mas á proporcion que el astro del dia retrograda, el ayre polar se resfria, se condensa de nuevo, y la atmósfera equatorial se dilata mas y mas, y así el viento general del Norte comenzará de nuevo en Setiembre y Octubre, é irá aumentándose mas y mas á medida que el sol se aparte de nosotros, y se acerque al solsticio de invierno. Habrá finalmente un término en que cesarán la condensacion del ayre al Norte del equador, y la dilatacion del que reyna en el hemisferio austral; y entónces se verificará en toda la atmósfera un equilibrio mas ó ménos perfecto. — Estos mismos fenómenos, en sentido inverso, deben verificarse en el hemisferio austral como se infiere fácilmente; de modo que reynarian en todo el globo vientos equatoriales y vientos polares regulares, si muchas causas no contrariasen y desviasen estos movimientos generales. Pero así como hemos visto que en las corrientes marítimas influyen muchas variaciones, no es extraño que la atmósfera, siendo un fluido infinitamente mas sutil y al mismo tiempo ménos homogéneo que el agua, se afecte mas de la menor impulsion, y esté mas sujeta á mutaciones inesperadas (1).

325 Terminaré esta leccion dando alguna idea

(1) En tierra, sobre todo, las desigualdades de la superficie y la diversidad de los suelos, influyen mucho en

de aquellos movimientos atmosféricos, que por su generalidad y regularidad interesan mas á la geografía y navegacion. Entre los límites de 30° latitud N. y 30° S. en el océano atlántico y en el gran océano reyna constantemente el viento E., y nunca pasa del N. E. ó S. E., pero de tal modo que en el hemisferio meridional se inclina al Sur, esto es, como al E. S. E.; y en el septentrional al E. N. E., lo qual proviene de las respectivas corrientes polares. En consideracion á este estado habitual de la atmósfera se han fixado reglas ciertas para la navegacion de Europa á América, que consisten en ganar el Sud y latitudes próximas á los trópicos, donde los navegantes estan seguros de hallar un viento fresco del *Este*, que junto con las corrientes les lleva rápidamente hácia la América. Por la misma razon nuestros

la constitucion de la atmósfera. Las cadenas de montañas pueden detener los vientos en la parte inferior de la atmósfera ó desviarles de su marcha directa, y alguna vez darles mas impetuosidad, como las corrientes del mar adquieren mas fuerza en los estrechos y cerca de los promontorios. Las exhalaciones del suelo comunican á los vientos su naturaleza particular. Pueden tambien influir en los vientos las posiciones de la luna, produciendo en la atmósfera una especie de fluxo y refluxo; acerca de cuyo particular debe leerse la *memoria sobre la influencia de la luna en la atmósfera terrestre* de Lemarck, donde hay hechos, ideas y observaciones muy nuevas é interesantes. Finalmente las nubes interceptando ó condensando los rayos del sol, la lluvia ordinaria por su accion resfriadora, la vegetacion absorviendo mucho ayre, y la descomposicion de materias animales y vegetales, pueden contribuir á la formacion de vientos locales ó *tópicos*. En suma todo lo que puede ocasionar inmediatamente algun movimiento en la atmósfera, ó hacer perder el equilibrio de sus columnas, es causa *de un viento*; y así considerando quantas pueden ser estas causas y las combinaciones de que son capaces, cesará la sorpresa con que podrian mirarse las variaciones é irregularidad á que estan sujetos los vientos en nuestras regiones.

marinos, para ir desde las posesiones españolas en la América septentrional á las costas de Asia, saliendo de los puertos occidentales de aquellas provincias, se dexan llevar de los vientos y corrientes, que les transportan en línea recta y en muy poco tiempo al lugar de su destino, y esta es la causa por que han navegado tanto tiempo por este océano, sin descubrir mas que muy pocas islas y tierras, de las que pasaban muy cerca. La constancia y fuerza de los *vientos generales* en el gran océano, harian mas breve el viage á la China y á las costas de Asia por el *Oeste* que por el *Este*, si hubiese un estrecho que separase las dos Américas donde está el istmo de *Panamá* que las une.

326 Saliendo de los límites de 30°, que á cada lado del equador limitan los vientos generales, se encuentran inmediatamente vientos occidentales, pero en estos se observa el influxo de las estaciones, de modo que en el hemisferio del Norte, quando el sol se halla á la misma parte del equador, los vientos son generalmente del O. al S. O., y quando el sol ha pasado á la otra parte, del O. al N. O., observándose lo contrario en el hemisferio meridional. Para aprovecharlos procuran los navegantes, que vuelven de América á Europa, ganar á lo ménos 30° de latitud, y los que han de venir de la China y costas S. E. de Asia á las occidentales de América, suben hasta el Japon, de donde se dirigen á la costa de la *California*. La historia nos dice por otra parte, quanto padeció el inmortal Colon en su primer viage por no haber buscado las regiones, todavía ignoradas, de los *vientos generales* á su ida, y de los *variables* á su vuelta.

327 En el *gran golfo de la India*, que forma la

parte septentrional del océano reunido, las navegaciones deben arreglarse á los *monzones* ó *vientos de semestre*, que de alguna manera parece destruyen la uniformidad del movimiento general de la atmósfera. En efecto desde los 10° de latitud Sur hasta el trópico de Capricornio y mas allá reyna en aquellos mares el viento general del E. ó S. E., y aun alguna vez en estío se extiende hasta 2 y 3° de latitud *Sur*; pero pasados los 10° comienzan los *monzones* (nombre formado de la voz malaquesa *moussin*, estacion) ó vientos periódicos de 6 meses. Al N. del equador reyna desde Abril hasta Octubre un viento violento de *Sud-Oeste*, acompañado de tempestades, borrascas y lluvias; y en los otros 6 meses sopla el *Nord-Este*, viento dulce y agradable. Entre el equador ó poco mas abaxo y 11° latitud Sud, los vientos soplan generalmente en el semestre *invernal*, del *Nor-Oeste*, y en el estío de *Sud-Oeste*. Así en el invierno la constitucion atmosférica ofrece vientos N. E. al Norte de la línea, vientos N. O. al Sur de la línea hasta 11° de latitud meridional, y viento general del E. y del S. E. — En el estío los fenómenos son ménos contradictorios, pues se reducen á vientos S. O. desde el paralelo 11 hasta las extremidades septentrionales, y vientos generales al S. de aquel paralelo. — Estas disposiciones generales sufren luego variaciones determinadas por la configuracion y elevacion de las costas, por los estrechos y las corrientes del mar (1), de las quales tratan de propósito los libros de navegacion; pero lo que está averiguado por la experiencia es que las mudanzas de

(1) En general los vientos en un gran mar son y deben ser mas regulares que en tierra; porque aquel es un espacio libre

monzon no son repentinas, y que en las alternativas siempre median calmas, vientos variables, y aun tormentas furiosas.

328 Se sigue de la exposicion precedente que solo el *monzon* de *Sud-Oeste* ofrece un fenómeno decididamente contrario al movimiento general de la atmósfera, porque el de *Nord-Este* es conforme á las leyes generales, y los vientos de *Nor-Oeste* al Sur de la línea parece que no son perfectamente constantes, y que no provienen mas que de un movimiento compuesto ó de una corriente de ayre superior. — ¿Pero qual es el orígen de este viento semestral, que sopla en el verano del *Sud* y *Sud-Oeste* en todo el océano próximo á la India? Esta qüestion ha exercitado la sagacidad de los geógrafos físicos, y no está aun completamente resuelta. Parece entre tanto admisible la hipótesi de Halley, quien dexando establecido, como nosotros, por las leyes de la Estática, que el ayre ménos rarificado por el calor, y por consiguiente mas pesado, debe moverse hácia el que está mas rarificado, y que por la misma razon es mas ligero, infiere que el primero oprimirá por el exceso de su pesadez al segundo, el qual de consiguiente se elevará por una corriente continua proporcional á su rarefraccion, y despues de elevado se esparcirá formando una corriente contraria para llegar al equilibrio; de modo que por una especie de circulacion al viento general N. E., deberá seguir un viento S. O. Por estos principios se explican los *monzones* y

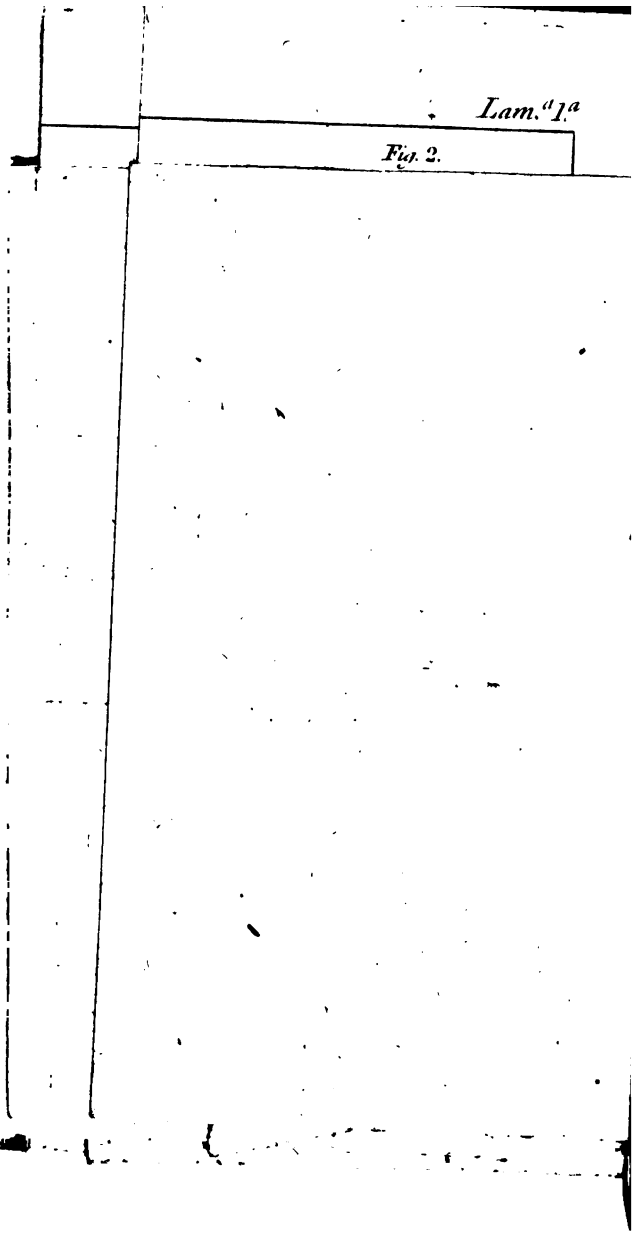
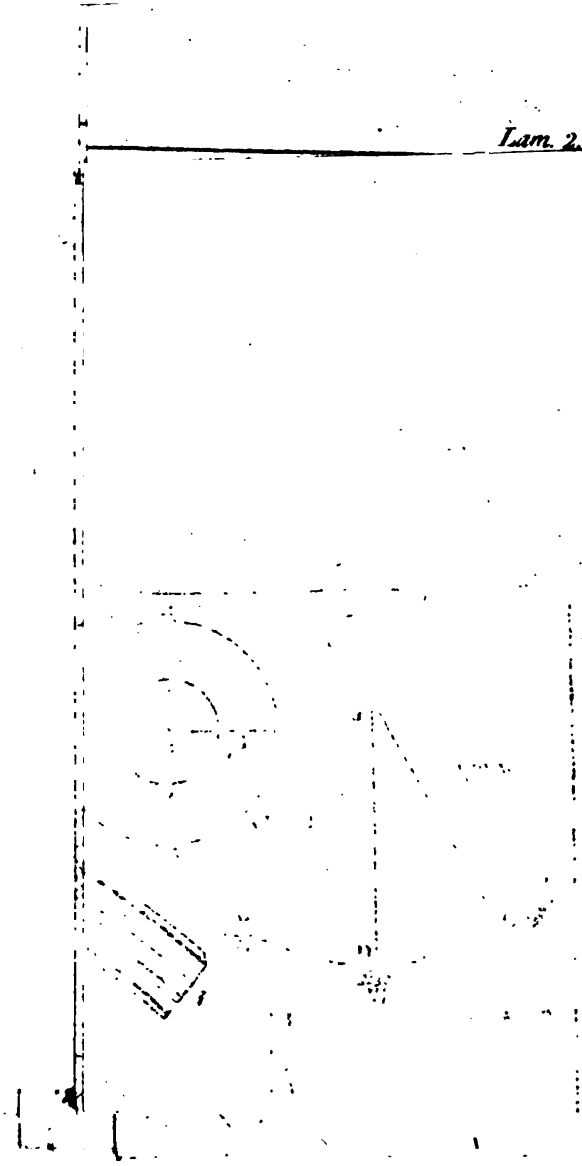
donde nada se opone á la direccion del viento; y en fuera las montañas, los bosques, las ciudades &c. son otros tantos obstáculos que pueden mudar su direccion, y que con freqüencia los producen contrarios á los primitivos.

muy dificilmente por otros. Suponiendo la circulacion precedente, es necesario considerar que las tierras adyacentes á la parte septentrional del *gran golfo de la India* estan por la mayor parte dentro de 30° de latitud N., que tanto en ellas como en las de Africa, próxîmas al mediterráneo, no puede ménos de haber calores excesivos quando el sol se halla en el trópico de Cáncer: y que al contrario, el ayre debe estar bastante templado quando el sol se aproxîma al otro trópico. El ayre, que segun la regla general viene del N. E. en el mar próxîmo á la India, estará, pues, algunas veces mas caliente, y otras mas frio que el que por esta circulacion vuelve por el S. O.; y de aquí resultará que, como sucede, la corriente ó viento inferior sea ya N. E. ya S. O.

329 Distinguen tambien los pilotos el viento de mar, que llaman *virazon*, del de tierra que llaman *terral*; y estos se suceden con bastante regularidad en todo el curso del año. La virazon generalmente sopla en el dia, y el terral por la noche; pero con muchas variedades procedentes de las posiciones de las costas, lluvias, &c.

330 Lo que se llama *calma* no es mas que un reposo forzado de dos vientos contrarios ó de dos columnas de ayre movidas en direccion opuesta; pero con fuerzas tan perfectamente iguales que ni la una ni la otra pueden adelantar. Acontece á veces que dos vientos muy fuertes se mantienen así en un reposo violento; y por eso se ven tan freqüentemente suceder á las calmas tempestades furiosas. En el estado ordinario de la atmósfera no puede haber *calma*, hablando rigurosamente, porque los fluidos estan siempre en movimiento.

Fig. 2.



Tam. 2.